Nº3 • JULIO 1998 • ~~350 PTAS.~~

250 ptas. Oferta de lanzamiento

Newton

SIGLO XXI

El espectáculo de la ciencia

El ordenador de piedra • El final de los Romanov • Una velada con las estrellas • Viaje al interior de nuestro cuerpo



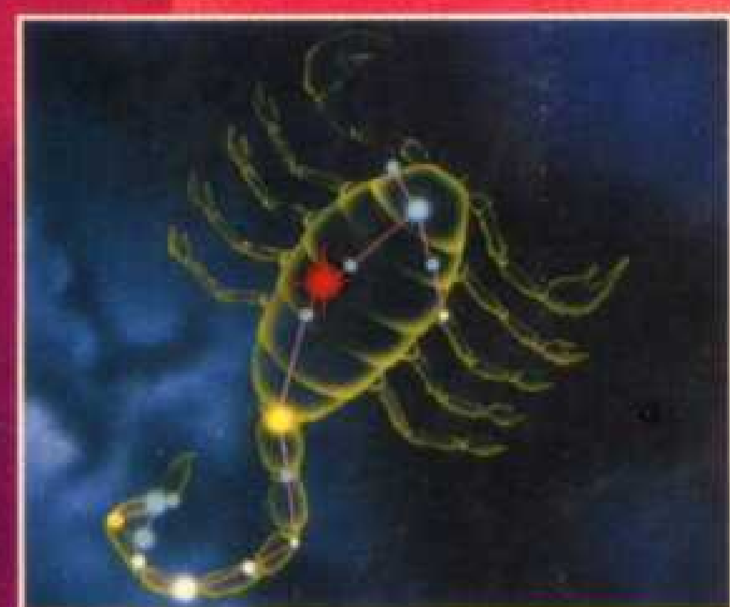
EL ORDENADOR DE PIEDRA

Todos los secretos de Stonehenge



EL FINAL DE LOS ROMANOV

Las pruebas de ADN identifican al último Zar



UNA VELADA CON LAS ESTRELLAS

El fascinante mundo de las constelaciones

Viaje al interior de nuestro cuerpo

Descubra el increíble universo que llevamos dentro

Newton • Nº3 • JULIO 1998





Jesús Gómez González*

Qué se sabe de las estrellas

Creo que toda persona con un mínimo de sensibilidad se ha preguntado en alguna ocasión qué son las estrellas, qué son esos puntos brillantes que pueblan las noches despejadas y oscuras de nuestros campos y montañas. Y creo que esta pregunta se la ha formulado el hombre desde los mismos albores de la Humanidad, quizá desde el mismo momento en el que en el homínido del que procedemos se produjo el primer destello de inteligencia.

Desde entonces, el hombre ha tratado de dar respuesta a esa pregunta, primero incorporándola a sus mitos y creencias religiosas (no hay cultura, por primitiva que sea, que no haga referencia a las estrellas) y, más tarde, con la llegada del Renacimiento y la invención del telescopio, considerándola como una cuestión científica a debatir y elucidar.

Durante los últimos 400 años hemos venido tratando de conocer cuál es la naturaleza de las estrellas, cuáles son las claves de su existencia y de su evolución. Y el camino ha sido largo, trabajoso y difícil.

Sin embargo, hoy en día puede decirse que, básicamente, conocemos cuál es la naturaleza de las estrellas. Es decir, su estructura, composición y condiciones físicas. También sabemos que las estrellas, como cualquier otro objeto o ser vivo del cosmos, no son inmutables, sino que nacen, viven y mueren. O, en palabras más concretas, tienen un proceso de formación, permanecen durante un largo periodo de tiempo en su ser de objetos celestes luminosos y, finalmente, dejan de existir como tales, al cesar la fuente de energía causante de su brillo. Veamos, pues, esto con algún detalle.

Gracias a las observaciones acumuladas durante decenas de años hemos podido llegar a establecer que una estrella no es otra cosa que una masa esférica en estado gaseoso (aunque a densidades y temperaturas muy elevadas), sujeta por su propia atracción gravitatoria.

¿Cómo se establece entonces el equilibrio que la impide colapsarse? Consideremos una delgada capa del interior de la estrella. Sobre ella se estará ejerciendo la presión causada por el peso (atracción gravitatoria) de las capas más externas. No obstante, dicha capa no se comprime, simplemente porque en su interior la temperatura es tal que la presión interna correspondiente compensa la presión ejercida por el peso de las capas externas. Así pues, cuanto más hacia el interior se encuentre la capa considerada, mayor será la presión externa ejercida. Por tanto, al tener que ser mayor la presión interna que la compense, mayor tendrá que ser su temperatura. Por eso, la temperatura de las estrellas crece hacia el interior de las mismas, y si en las capas externas se mide en miles de grados, en sus regiones centrales alcanza valores de millones de grados.

Estas temperaturas de las regiones centrales son tan altas que en ellas tienen lugar reacciones nucleares de fusión por las que núcleos ligeros se funden para formar otros más pesados (por ejemplo, hidrógeno en helio; helio en carbono; carbono en oxígeno, neón, hierro) desprendiendo en estos procesos una ingente cantidad de energía radiante, que es, en último extremo, la que acaba por abandonar la estrella en forma de radiación.

Cuando el combustible (los núcleos atómicos ligeros) de las capas centrales se agota, las zonas donde se genera la energía radiante de la estrella se van desplazando hacia capas más externas donde los núcleos atómicos ligeros siguen siendo abundantes. De esta forma, la estrella se va reestructurando (evolucionando), cambiando en su interior la distribución de su composición química, densidad y temperatura.

En este proceso evolutivo, y dependiendo de su masa, las estrellas pueden acabar, en unos casos, por convertirse en objetos muy brillantes, pero muy pequeños (enanas blancas), que poco a poco van perdiendo su brillo hasta desaparecer como tales.

En otros casos, acaban por estallar en mil pedazos lanzados al espacio interestelar a velocidades de miles de kilómetros por segundo (supernovas), dejando como resto una estrella ultracompacta (estrella de neutrones) que, prácticamente, no emite radiación luminosa.

Son muchas las cosas que nos quedan por saber acerca de las estrellas. Cuando se ensancha el campo de nuestro conocimiento, se agranda, evidentemente, la frontera de lo que nos queda por conocer. Pero no me cabe duda que en las historias de la ciencia y del pensamiento humano que se escriban en el futuro, los hombres del siglo seremos recordados como aquellos que supieron, por primera vez, qué son y cómo nacen, viven y mueren las estrellas.

*Director del Observatorio Astronómico Nacional

Newton El espectáculo de la ciencia SIGLO XXI

JULIO 1998. AÑO 1 - N. 3
REVISTA MENSUAL DE CIENCIA Y CULTURA
PRADILLO, 42. TELF.: 91 586 43 21-25. FAX: 91 586 46 24. E-MAIL: NEWTON@EL-MUNDO.ES

Editor: Juan Carlos Laviana
Director: Antonio Romero
Coordinación: Francisco Rego y José Luis Ortega
Director de Arte: Luis M. Turnes
Redacción: Gema Sánchez Navas, Pilar Grosso, Ana Goñi, Lorena Ruano y Luis Piña (Diseño)
Colaboradores: Paloma Casado, José Manuel Vidal, Santiago Escalada, Alberto Luchini, Giovanni Siniscalchi, Ana Marta Moreno, Andrea Frova, Gianni Fochi, Beatriz Paredes, Flavia Caroppo, Enric Pastor, M. Cristina Valsechi, Alberto de las Fuentes, Josep M. Escofet, Merayo (Ilustración), Pepe Abascal (Fotografía)
Exclusiva de publicidad: Publiespaña S.A.
Mar Moreno (Directora de Publicidad)
Plaza Pablo Ruiz Picasso, s/n
Torre Picasso, Planta 14
Telf.: 91 394 05 69
Fotomecánica: Gama Color
Imprime: Rotedic
Distribuye: Unidad Editorial
Depósito Legal: M-11659-1998
Edita: Ediservicios M-2000
Pradillo, 42
Telf.: 91/ 586 43 10-25
Fax: 91/ 586 46 24
Administrador único: Juan M. González Díaz
Coordinador General: Jaime Gutiérrez-Colomer

Ediservicios M-2000 es una sociedad del Grupo **Unidad Editorial**
Presidente: Alfonso de Salas
Director Editorial: Pedro J. Ramírez
Director General: Balbino Fraga
Director Gerente: Antonio Fernández-Galiano
Director Comercial: Alejandro de Vicente

En colaboración con


RCS Periodici S.p.A.

Newton

Newton Press Inc. Japan.
Newton publica en exclusiva para España textos, fotos e ilustraciones de los mensuales Newton editados en Japón e Italia.

Para suscribirse a Newton, consultar pág. 105



12
Viaje alucinante
Al igual que en la célebre novela de Isaac Asimov, Newton les propone una fascinante e increíble aventura por el interior de nuestro cuerpo.

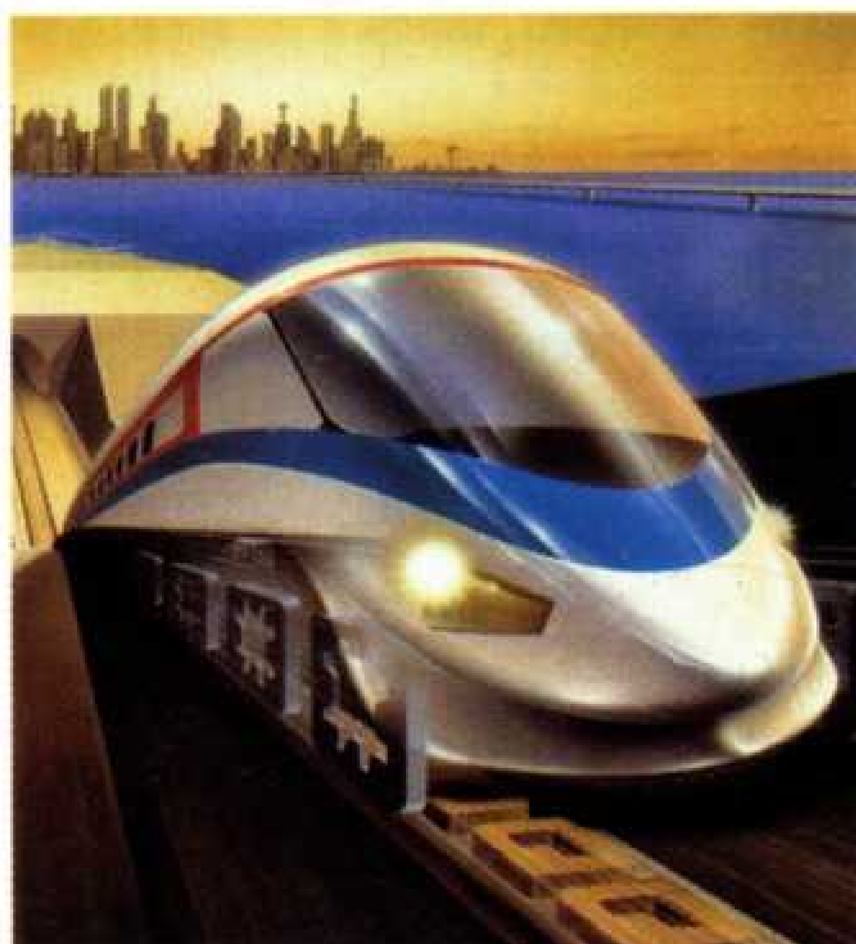


32
El ADN identifica los restos del último zar
Durante 90 años, los restos de Nicolás II y su familia han estado rodeados por el misterio. Las últimas pruebas de ADN, lo desvelan.

64
Los secretos de Stonehenge
Este conjunto megalítico, el más famoso del mundo, ha dado pie a diversas teorías sobre sus orígenes y utilidades.



94
¿Tren o avión?
El Maglev es el tren del futuro, capaz de alcanzar velocidades de vértigo por la acción de una serie de electroimanes.



Sumario

SECCIONES



108

Genialidades baratas
Ingenieros y científicos encuentran en los seres vivos una fuente de inspiración de poco coste: sus ideas pueden copiarse sin pagar derechos de autor.



120

Tecnología contra los herederos de Francis Drake
La piratería es una lacra todavía vigente en algunos mares de nuestro planeta, especialmente en Indonesia, Thailandia, Filipinas e incluso Brasil. Ahora, las crueles andanzas de estos herederos de los piratas que impusieron su ley en el Caribe durante el siglo XVI están amenazadas merced al control que ejerce el satélite Inmarsat sobre sus barcos.



128

¿Qué pasa en el firmamento?
El verano es una época ideal para observar las estrellas. Conózcalas de la mano de Newton y adéntrese en los misterios del universo.

EL CENTRO DE BIOLOGÍA MOLECULAR de Cambridge ha identificado la 'sustancia C', una proteína que controla el dolor y lo distingue de los estímulos emocionales. El descubrimiento dará paso a una generación de analgésicos.



El chocolate disminuye el colesterol y retarda la vejez

La teobromina, un vasodilatador cerebral, es la base de la que se extrae la pentoxifilina, sustancia que la industria farmacéutica utiliza en los preparados para combatir la vejez prematura. Lo curioso del caso es que este vasodilatador se encuentra en el cacao, por lo que los especialistas reunidos en Valencia con motivo del Congreso de la Organización Internacional del Cacao, dependiente de las Naciones Unidas y que agrupa a 44 países, han recomendado el uso del chocolate para retardar el envejecimiento. Además, pese a su alto valor energético, ayuda a disminuir el colesterol al proceder de grasas vegetales.

En el año 2000, satélites controlados vía Internet

Dentro de dos años se pondrá en órbita un minisatélite europeo controlado vía Internet. La empresa belga Verhaert ha firmado un contrato con la Agencia Espacial Europea (ESA) para la fabricación y el lanzamiento del minisatélite. El coste de la operación es de cerca de 2.300 millones de pesetas y constituye para el ESA la primera compra *llave en mano* de un satélite ya en órbita. El proyecto, denominado Proba, es una iniciativa basada en una tecnología que prevé el funcionamiento de satélites capaces de desarrollar su trabajo sin la asistencia de una base en la tierra. Al satélite le transmitirán las órdenes desde una estación sin personal, pero vinculada con investigadores de todo el mundo a través de Internet. El minisatélite tendrá una masa de cerca de 100 kilos y una vida operativa de tres años. Se lanzará en el verano del año 2000 y su puesta en órbita, a 800 kilómetros de altura, se efectuará con un cohete hindú PSLV, pero el satélite será adaptable al cohete europeo Ariane.



Astronautas en forma gracias al gimnasio español

La atrofia muscular que provoca la ingravidez es uno de los graves inconvenientes que deben superar los astronautas que permanecen en el espacio durante largos periodos de tiempo. Pero este problema se encuentra en vías de solución después de que la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Espacial Norteamericana (NASA) aprobaran una máquina de musculación para astronautas diseñada por la empresa española Nuevas Tecnologías Espaciales (NTE), radicada en la localidad barcelonesa de Lliçà D'Amunt.

Una treintena de técnicos de la ESA y la NASA estudiaron y probaron, durante tres días, el prototipo de gimnasio espacial en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat cuyos especialistas deportivos y fisiológicos han colaborado en el proyecto. Salvo unas pequeñas modificaciones recomendadas para los ejercicios de tobillo, los técnicos,aprobaron el prototipo que deberá pasar una nueva prueba dentro de seis meses. Se estima que en un periodo de 18 meses estará preparado para realizar pruebas reales. El peculiar 'gimnasio espacial' se instalará en la estación Alpha que la ESA y la NASA pondrán en órbita en el año 2.001. Los seis astronautas que formarán la tripulación mantendrán una envidiable forma física gracias a este producto fabricado íntegramente en nuestro país.



Tras 'El Niño', llega 'La Niña'

Ingenieros españoles han detectado una masa de agua oceánica del tamaño de África que se desplaza hacia el Ecuador. El descubrimiento, realizado vía satélite, confirmaría el fenómeno conocido como 'La Niña', de características inversas a las de 'El Niño'. El grupo de ingenieros de la empresa española GMV, colabora con la Agencia Espacial Europea en el programa de aprovechamiento de datos suministrados por los satélites que siguen a 'El Niño'.

INVESTIGADORES NORTEAMERICANOS han presentado una vacuna antigripal que elimina las inyecciones ya que se administra vía nasal. Su eficacia ha llegado al 93% de los casos en edades comprendidas entre los 15 meses y los tres años.

La Vía Láctea 'canibaliza' a una galaxia enana

Una pequeña galaxia ha sido absorbida por la Vía Láctea, tras ser atraída por su fuerza gravitacional. Los astrónomos aseguran que la 'canibalización' no tendrá ninguna consecuencia extraña para la Tierra. Eso es al menos lo afirmado por expertos estadounidenses y británicos en el congreso anual de la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia celebrado en Filadelfia. «La galaxia enana, llamada de Sagitario porque fue observada en dirección a esa constelación, es esférica, tiene un diámetro 10 veces menor que la nuestra y su masa representa una milésima parte de las estrellas de la Vía Láctea», dice la astrofísica Rosemary Wise, de la universidad John Hopkins de Baltimore. La experta añade que «esta pequeña galaxia se encuentra muy cerca de nosotros, de tal forma que ya se puede observar una de sus estrellas». El proceso de absorción no es nuevo, ya que se lleva a cabo desde hace más de ocho millones de años.

Estudiando las estrellas que se encuentran en las fronteras de la Vía Láctea, los expertos se dieron cuenta de que algunas de ellas se comportaban de una forma anómala respecto al resto y lanzaron la hipótesis de que pudiesen pertenecer a otra galaxia. «Incluso la pequeña galaxia de Sagitario ha dado la vuelta una decena de veces a la nuestra, con órbitas siempre más cercanas, al ritmo de una vuelta en poco menos de 1.000 millones de años, antes de ser absorbida por la gravedad de la Via Láctea», explica la doctora Wise.



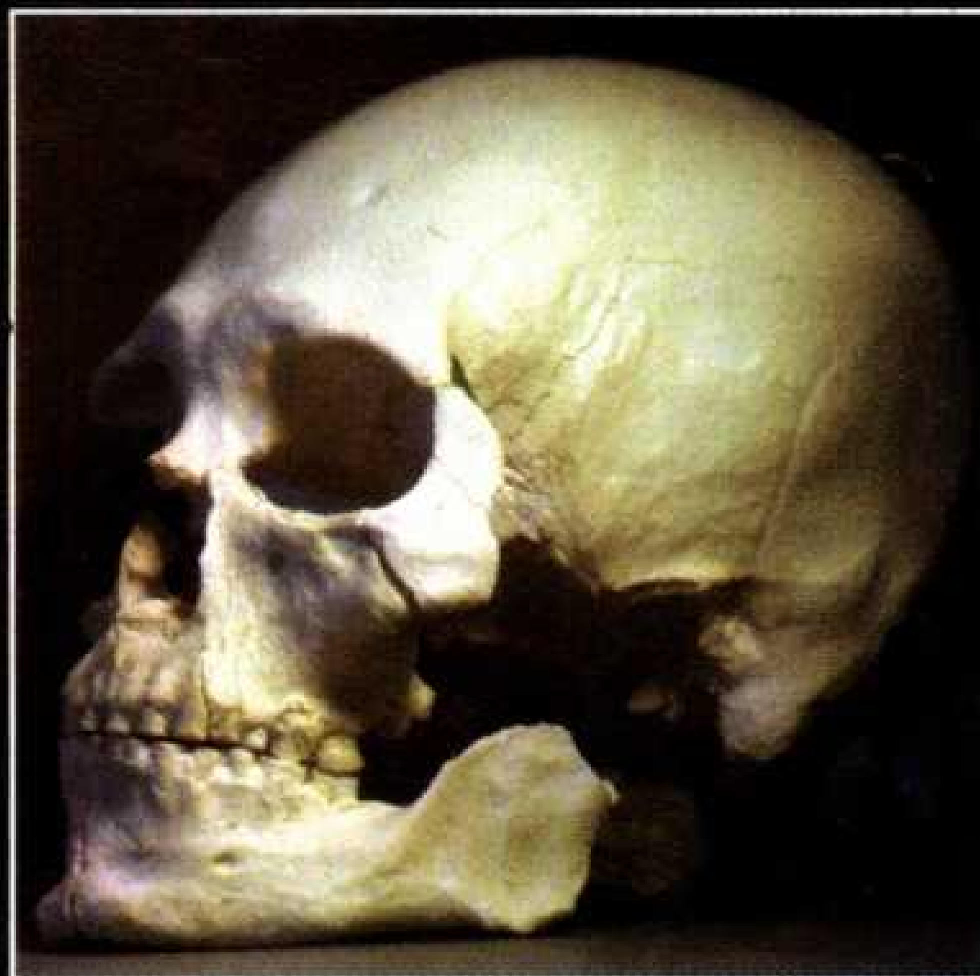
Un millón de nombres, rumbo a Marte

La NASA invita a un millón de niños de todo el mundo a que envíen su nombre para grabarlo en un CD-Rom que la nave Mars Polar Lander transportará hasta 'el planeta rojo' en su próxima expedición. Su despegue está previsto para el 3 de enero de 1.999 y se posará en Marte 11 meses después. Los nombres –de los que ya se han recibido 900.000– hay que enviarlos a la página web que la NASA ha preparado: *spacekids.hq.nasa.gov/mars/*

Los primeros humanos tenían menos cerebro

Ahora se sabe que el tamaño del cerebro de los primeros humanos no era tan grande como se creía. La confirmación parte de un estudio realizado en la Washington University School of Medicine, según el cual, el llamado *Señor Ples*, un pariente de los primeros humanos, tenía un cerebro más pequeño de lo que se pensaba. Este cráneo, encontrado en Suráfrica en 1989 por los antropólogos Alun Hughes y Phillip Tovias, tiene una antigüedad de entre 2,6 y 2,8 millones de años y se cree que perteneció a un australopiteco. Eran criaturas parecidas a los humanos, se alimentaban de vegetales, fabricaban herramientas de cortar y vivieron en una zona de África donde había abundante agua y madera.

«El estudio demuestra que hay algún error en las interpretaciones que se han hecho hasta ahora sobre la capacidad del cerebro de los primeros homínidos», dijo el director de la investigación, Glenn C. Conroy, catedrático de Anatomía y Antropología de la Universidad de Washington. «Además, un cerebro grande hubiera sido algo extraordinario porque todos los cerebros de los otros australopitecos africanos eran de un tamaño medio de 400 centímetros cúbicos.», añadió Conroy. La investigación, publicada en la prestigiosa revista *Science*, concluye que determinadas estimaciones del tamaño del cerebro de algunos homínidos pueden ser demasiado altas.



Los asteroides siguen de moda

Películas, libros, debates… los asteroides continúan acaparando protagonismo. El planetario de Madrid ha preparado un programa sobre el origen, naturaleza y evolución de los cuerpos menores del Sistema Solar y las probabilidades de impactos sobre la Tierra, que se proyectará en la programación de verano en dos sesiones (a las 12,45 y 18,45). Con el título de *¿Qué sucedió en Tunguska?* se aborda el impacto de un gigantesco meteorito que el 30 de junio de 1.908 se estrelló en esta región del norte de Siberia. La explosión se produjo en el aire a unos 8.000 metros de altura y liberó una energía de 15 megatones, equivalente a más de 1.000 bombas como la de Hiroshima, y arrasó 2.000 kilómetros cuadrados de bosque. Afortunadamente, la zona del impacto estaba desierta, pero el programa incide en las consecuencias que podría provocar un asteroide semejante si alcanzara nuestro planeta en zonas habitadas. Algo que, por otra parte, está lejos de ser una mera hipótesis.



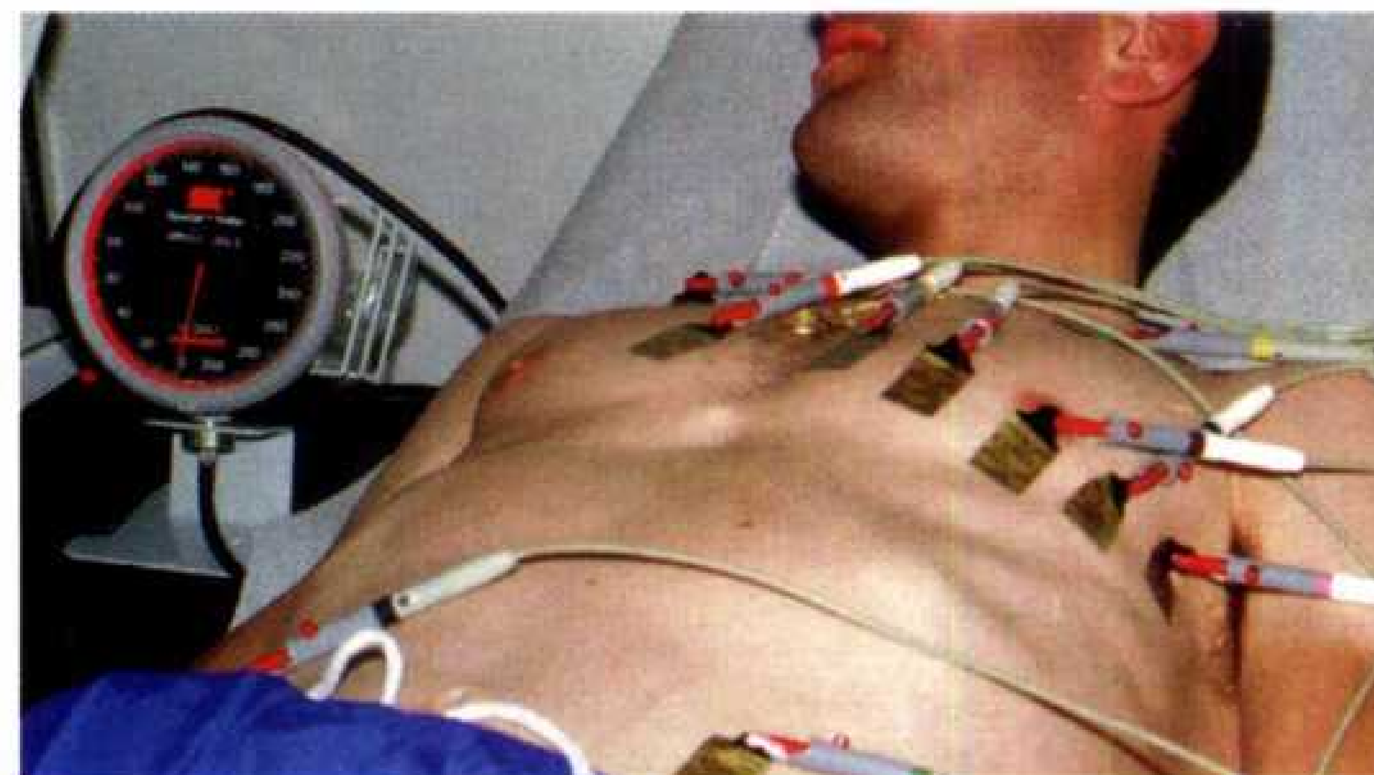
Science

TUSCULUM, UNA CIUDAD DE 3.000 AÑOS DE HISTORIA situada a 30 kms. de Roma, ha desvelado sus secretos monumentales merced a los estudios científicos realizados por la Escuela Española de Historia y Arqueología dependiente del CSIC.

Temores fuera: el universo seguirá creciendo y no se producirá el temido 'Big Crunch'

Tras el 'Big Bang' no tendrá lugar el 'Big Crunch', el 'gran estallido', sino que el universo estará siempre en expansión. Esta es la conclusión a la que han llegado cinco equipos de astrónomos americanos tras una serie de estudios realizados con diversas técnicas, incluida la observación de las supernovas en las galaxias más distantes, a ocho mil millones de años luz. Estas investigaciones se emprendieron para descubrir si en el universo hay acumulada una cantidad de materia que impedirá la actual fase de expansión conduciéndolo a un colapso. Según la teoría dominante, el universo nació hace 15.000 millones de años con una gran explosión conocida como el 'Big Bang'. Desde entonces, el cosmos se expande continuamente, pero los científicos se preguntan si vivimos en un universo abierto o cerrado. La densidad de la materia es el parámetro fundamental para descubrir si seguirá creciendo siempre o se colapsará. Según esta última hipótesis, el Universo se colapsaría, antes o después, en su interior, hasta que toda la materia no se concentrase en un solo punto, de una densidad inimaginable, provocando el 'Big Crunch'.

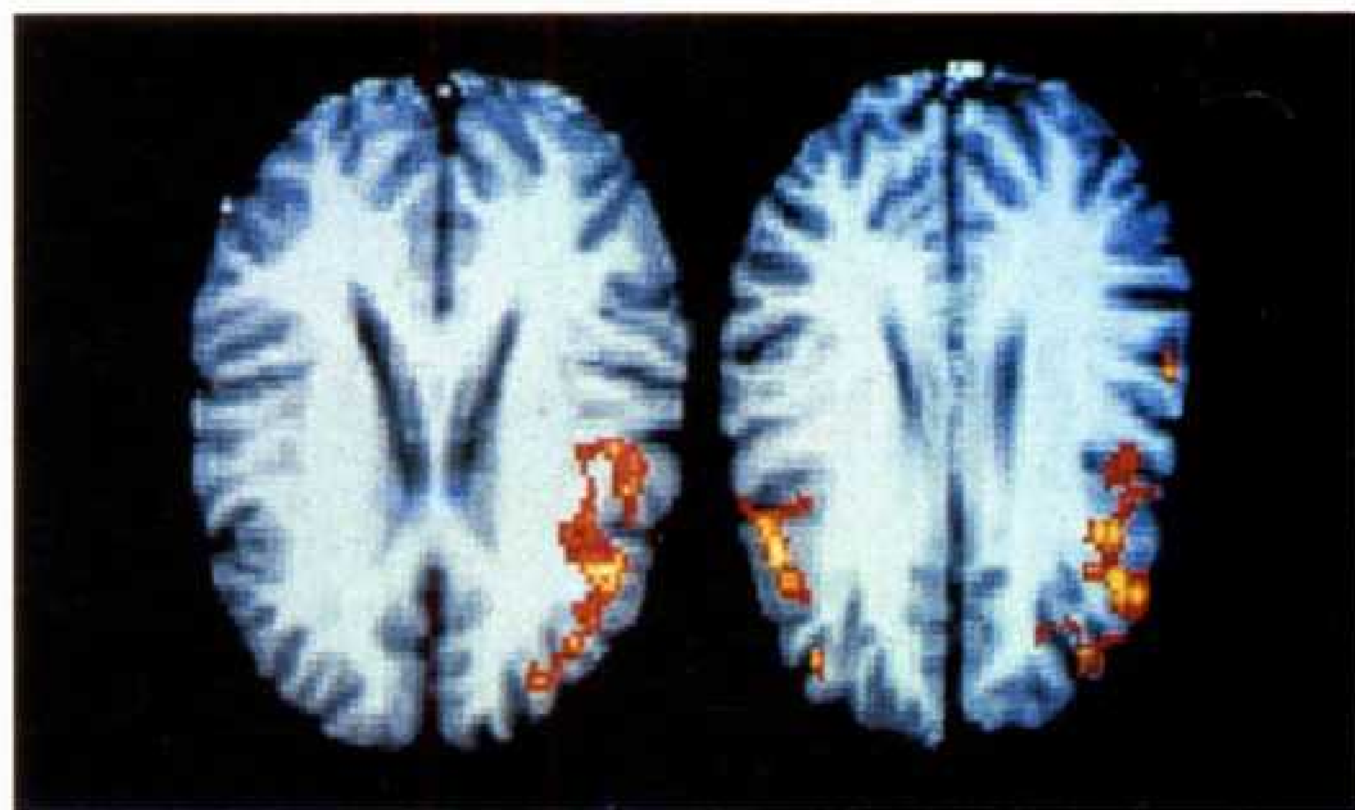




El tratamiento de las dolencias cardiopáticas varía según el sexo

Según un estudio realizado en Austria, a las mujeres con dolencias cardiopáticas les son aplicados, sin razón aparente alguna relacionada con las condiciones patológicas, tratamientos menos sofisticados y menos costosos que los reservados a los pacientes de sexo masculino. Esta injustificada discriminación ha sido puesta de relieve por una investigación realizada por el doctor Heins Weber de Viena, así como por el estudio de otro vienés, Konrad Steinbach, según el cual la terapia trombolítica se administra al 50% de las mujeres en relación con los hombres afectados por el mismo problema. Una discriminación que, según Sergio Chierchia, cardiólogo del hospital San Rafael de Milán, «habría que estudiar más a fondo, porque no es la primera vez que se habla de tales cosas y no sólo en el sector de la cardiología». «Parece que las mujeres reciben también menos angioplastias», señala el doctor italiano. Una de las posibles explicaciones apunta a la mayor capacidad de aguante ante el dolor demostrada por las mujeres.

El cerebro de la mujer envejece más despacio



Las mujeres tienen nuevos argumentos a su favor en su particular *competición* con los hombres. Investigadores de Estados Unidos han anunciado que el cerebro del hombre degenera más rápidamente con el paso de los años que el de la mujer. El estudio de los científicos del Henry Ford Hospital de Detroit se basa en datos obtenidos a través de la resonancia magnética. Las imágenes muestran que, con el paso del tiempo, el cerebro del hombre se reduce en mayor medida respecto al de la mujer en los lóbulos frontales y temporales, que rigen el pensamiento, la organización y la memoria. Edward Coffey, director del departamento psiquiátrico del Henry Ford Hospital, ha dicho que «a una edad comprendida entre los 65 y los 95 años, los hombres muestran por término medio un aumento del 30% del líquido cerebroespinal en las membranas externas del cerebro, lo que indica una reducción proporcional de la masa cerebral. Las mujeres de la misma edad sólo experimentan un aumento del 1% de dicho líquido». El doctor Coffey explicó también que la masa cerebral disminuye cerca del 2,5% cada 10 años a partir de los 30, como término medio para hombres y mujeres.

Fin a las sobrecargas eléctricas

Ya se puede instalar, en todos los aparatos eléctricos con una potencia de tres kilovatios, un nuevo dispositivo, llamado White in, que impide el apagón ocasionado por el funcionamiento de varios electrodomésticos a la vez. La novedad estriba en el hecho de que el dispositivo tiene capacidad de seleccionar la potencia necesaria para el funcionamiento de un determinado aparato, excluyendo temporalmente, en caso de sobrecarga, hasta otros cinco aparatos, según las prioridades establecidas por el usuario. El White in está formado por una unidad de control, instalada directamente en la centralita de casa, y una unidad periférica móvil, que se instala en el enchufe del electrodoméstico que se quiere controlar.



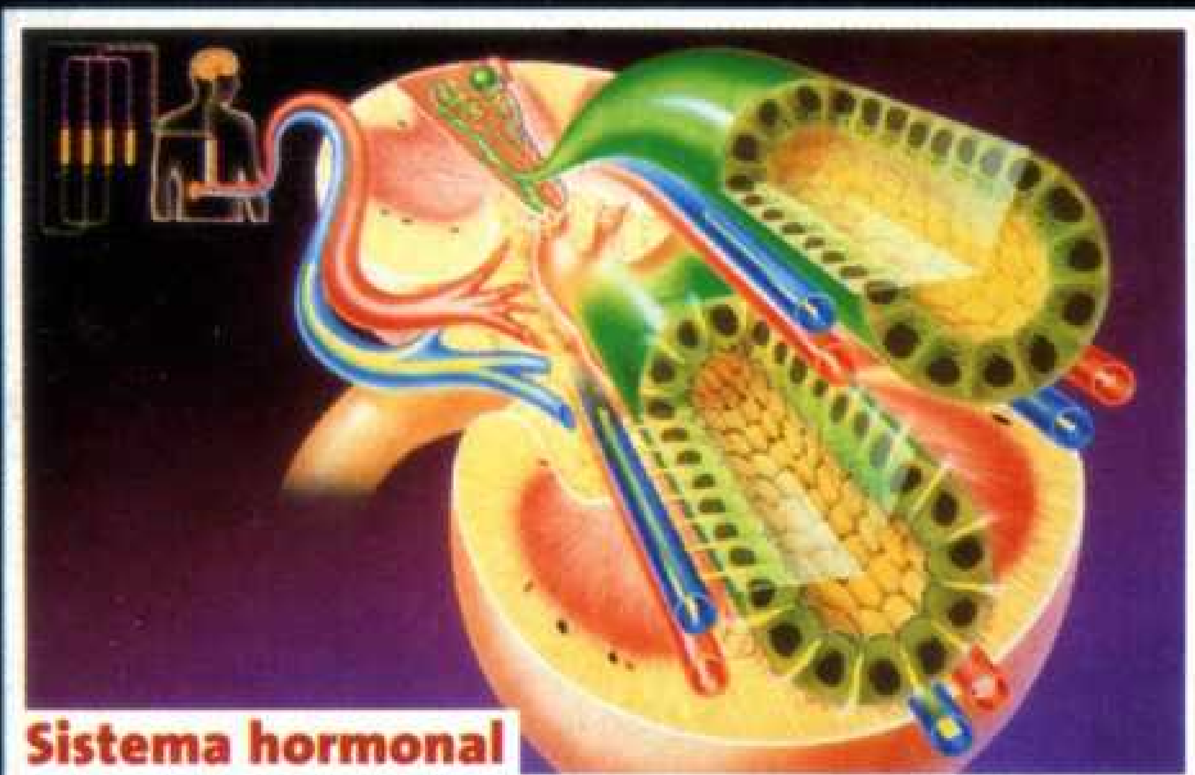
El ejército de antivirus

Pág. 26



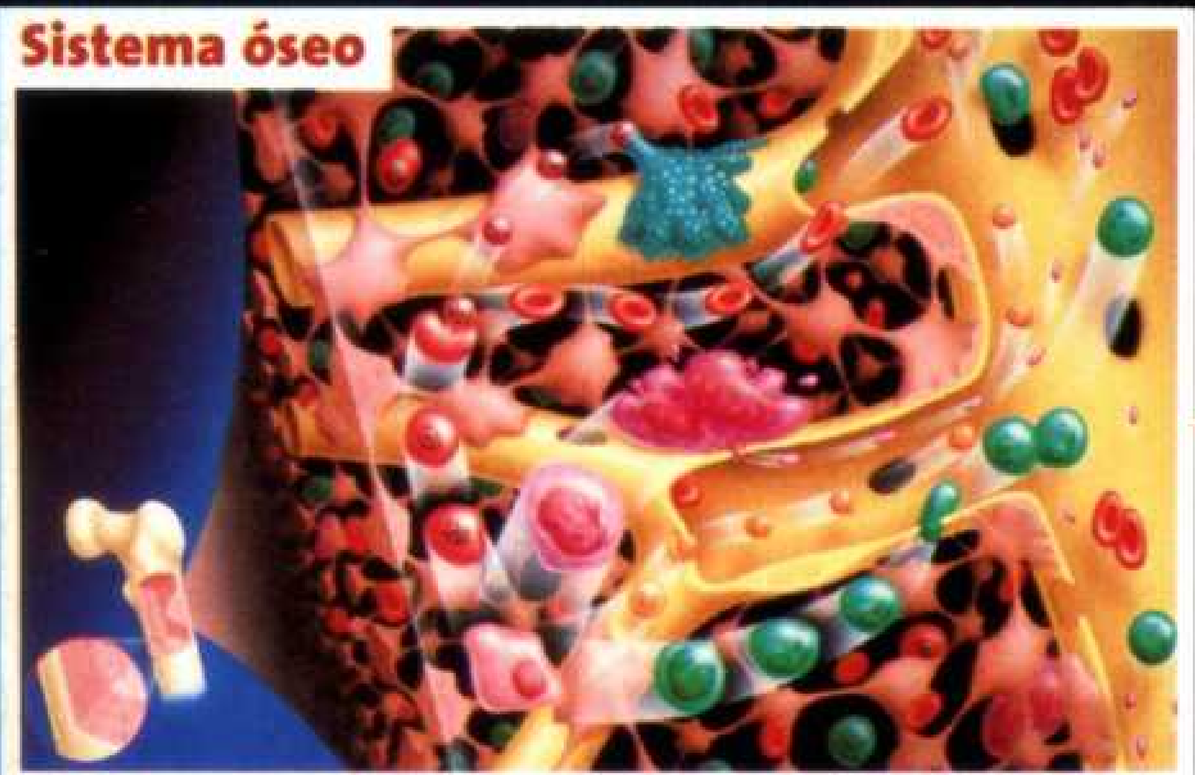
Depósito de 600 litros diarios

Pág. 18



Un ambiente nada malo

Pág. 28

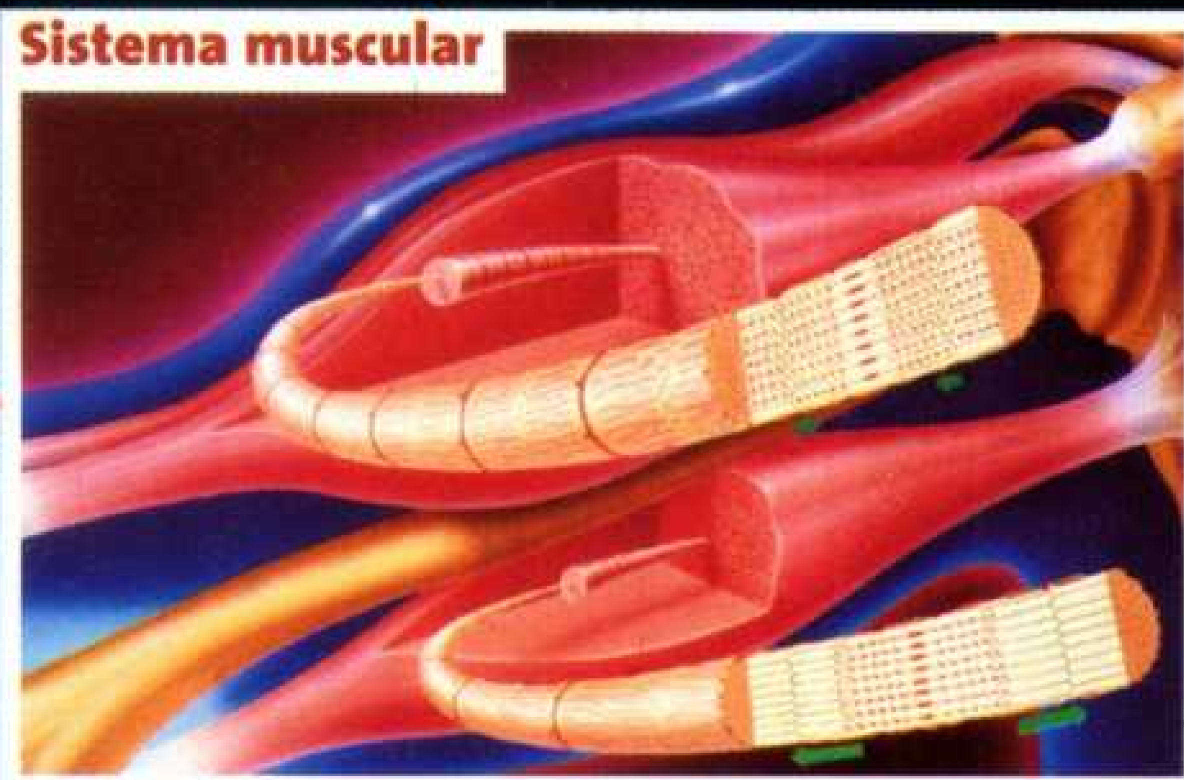


La fábrica de sangre es un hueso duro

Pág. 22

El universo que llevamos dentro

▸ *Newton* le invita a vivir una experiencia extraordinaria: entrar en su cuerpo para explorar los rincones más escondidos. Navegando por las arterias se encontrará cara a cara con los glóbulos rojos. Combatirá al lado de los anticuerpos contra virus y bacterias. Visitará la fabrica donde se produce la sangre. Viajará con los impulsos nerviosos hacia el cerebro. Descubrirá de qué modo el organismo recoge de la comida las sustancias nutritivas esenciales para su superviviencia. Verá de cerca el complejo engranaje que mueve los músculos. Dé la vuelta a la página: comienza el viaje



El tobogán que nos mueve

Pág. 20



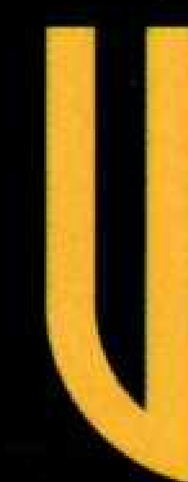
Cómo transformar una ensalada en una idea

Pág. 16



Nervios en la autopista

Pág. 24


Un famoso libro de Isaac Asimov, *Viaje alucinante*, adaptado a una conocida película, cuenta la historia de un grupo de científicos que, tras ser miniaturizado, visita los órganos del cuerpo en el interior de un sumergible minúsculo. En las páginas siguientes, *Newton* le hará vivir una experiencia parecida: imagine que su tamaño es reducido hasta medir poco más de unas décimas de milímetro. De este modo, podrá explorar los más recónditos ángulos del cuerpo y descubrir sus increíbles actividades, los procesos bioquímicos, el fantástico espectáculo de las células, los tejidos, las moléculas que hacen funcionar los órganos, transmitiendo impulsos nerviosos o defendiéndonos de las enfermedades. Cerca de 100 billones de células componen los tejidos y los órganos del cuerpo humano: una máquina perfecta, un verdadero universo que habita en nuestro interior.

Cinco sistemas para vivir

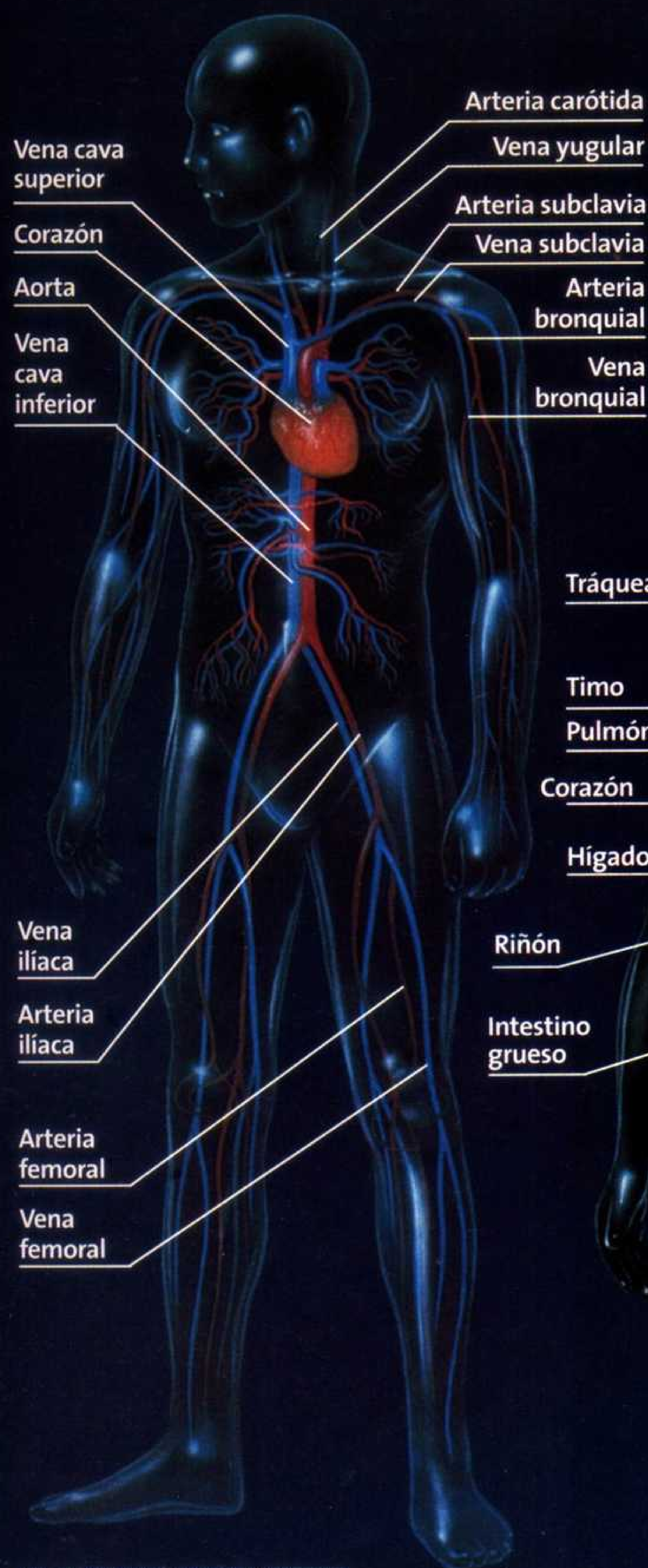
En nuestro cuerpo existen diversos órganos y tejidos: cada uno ejerce su propia función pero no trabaja de manera independiente, sino estrechamente relacionado con los demás. Los huesos, por ejemplo, además de ser un engranaje, sirven para defendernos de las enfermedades: en ellos se producen los linfocitos, unas células que combaten a los virus y bacterias. Los riñones tienen la función de filtrar la sangre y controlar la cantidad de agua presente en el organismo. Pero nada de esto podría realizarse si el cerebro no dispusiera de una red de *sensores-espía* diseminados por el organismo que le informan constantemente de todo lo que sucede y le permiten tomar las decisiones necesarias, sin que nosotros nos demos cuenta.

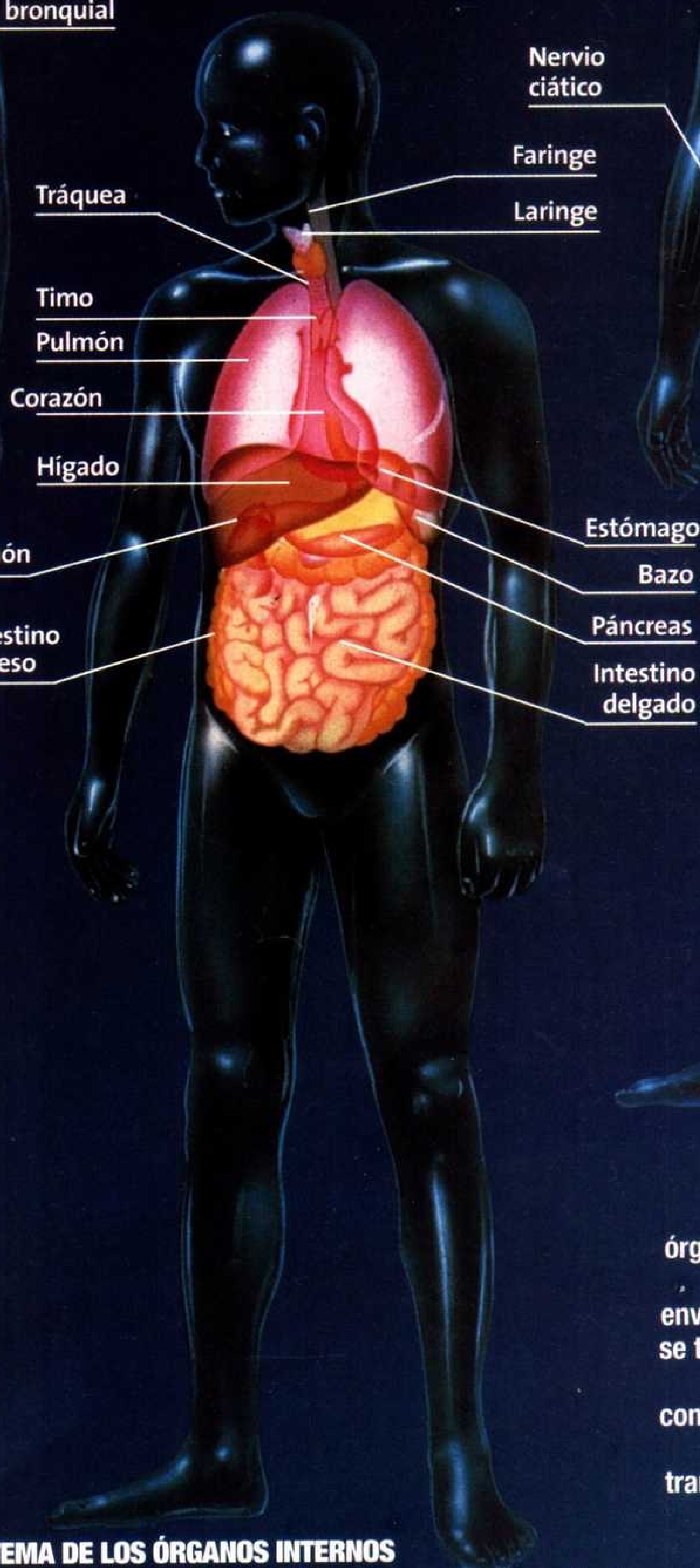
Frontal
Pectoral mayor
Deltoide
Esternocleidomastoideo
Bíceps
Tríceps
Trasversal del abdomen
Recto del abdomen
Sartorio
Cuádriceps femoral
Gemelo

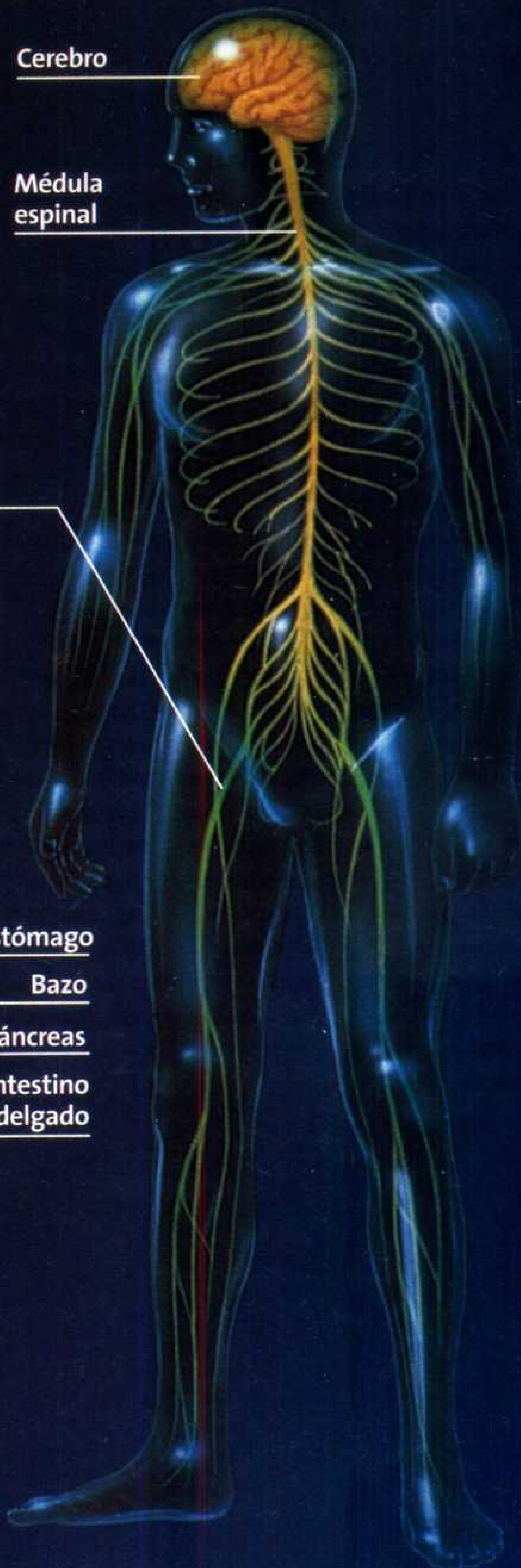
EL SISTEMA MUSCULAR
Los músculos están constituidos por fibras musculares, formadas a su vez por células estriadas, lisas o miocárdicas, según formen un músculo estriado (bíceps), liso (intestino) o el corazón. Los haces de fibras nerviosas controlan cada músculo. A menudo, muchos músculos realizan una sola acción. En este caso, los nervios que los controlan se coordinan para efectuar la misma operación.



EL SISTEMA ÓSEO
El cuerpo humano se sostiene gracias a una estructura ósea llamada esqueleto, formado por ocho huesos craneales, 14 faciales, 52 del cuello, 64 de las articulaciones superiores y 62 de las inferiores. En total, suman 200 huesos, conectados entre sí mediante las articulaciones y los ligamentos. Las articulaciones hacen posible el movimiento libre de los huesos.







EL APARATO CIRCULATORIO

La aorta, la mayor de las arterias, transporta la sangre que bombea el corazón a todas las células del cuerpo, que así recogen el oxígeno y los nutrientes. Entre las células y la sangre que corre a través de los vasos capilares se produce un intercambio de sustancias. Luego, la sangre regresa al corazón derecho (ventrículo derecho) a través de las venas cavas y de allí se envía a los pulmones, donde se oxigena y vuelve otra vez al corazón izquierdo (ventrículo izquierdo) que lo bombea a todo el cuerpo.

EL SISTEMA DE LOS ÓRGANOS INTERNOS


Los órganos están agrupados en diversos aparatos, dependiendo de su función: digestivo, constituido por los órganos que asimilan las sustancias nutritivas y digieren los alimentos; respiratorio, con los pulmones que inhalan el oxígeno y desprenden anhídrido carbónico; excretor, con los riñones que filtran las sustancias tóxicas y las expulsan; reproductivo para la procreación...

EL SISTEMA NERVIOSO

Las informaciones obtenidas de los órganos sensoriales, como los ojos o la piel, se transforman en señales y se envían a las fibras nerviosas. Desde ahí se transmiten al cerebro o a los centros nerviosos de la médula espinal, que constituyen el sistema nervioso central. En este proceso, las señales se transforman en órdenes que hacen que el cuerpo se mueva y tenga consciencia. El sistema nervioso periférico lo forman los centros nerviosos a los que se conectan todas las partes del cuerpo. El sistema nervioso vegetativo mantiene las funciones involuntarias como la digestión, la respiración etc…

CÉLULAS NUEVAS CADA CINCO DÍAS

En el intestino delgado se produce la absorción de la mayor parte de los alimentos. Las grasas entran en las células epiteliales absorbentes, luego afluyen en los vasos linfáticos que corren en la parte central de las vellosidades intestinales hasta alcanzar las venas. La glucosa (azúcar) y los aminoácidos (constituyentes de las proteínas) que entran en las células absorbentes epiteliales se introducen, en cambio, en los capilares sanguíneos, para dirigirse finalmente al hígado. Además de las células epiteliales absorbentes, en la superficie de las vellosidades se encuentran las células caliciformes, que segregan mucosa para mantener húmeda la superficie del intestino delgado.La vida de las células caliciformes y de las epiteliales absorbentes es breve: son sustituidas por células nuevas cada cinco días aproximadamente. Sobre la superficie de las vellosidades se encuentran también las glándulas intestinales, que segregan los jugos intestinales, completando el proceso de digestión iniciado en el estómago, en el que participan el páncreas, el hígado y la vesícula biliar.



Cómo transformar una ensalada en una idea



Una hamburguesa o una sopa son comidas normales, pero en el interior de nuestro organismo sufren increíbles cambios hasta convertirse en energía y en sustancias necesarias para la vida. En cierto sentido, el cuerpo transforma una ensalada en ideas, una loncha de jamón en movimiento, o un helado en la facultad de resolver un problema de matemáticas. Es una máquina donde se introducen, por ejemplo, patatas fritas, y de la que puede salir cualquier cosa: obras de arte universales como El Quijote de Cervantes, la Quinta Sinfonía de Beethoven, el Guernica de Picasso o, sencillamente, cualquiera de las actividades que realizamos cotidianamente.

A través de la digestión, las comidas que ingerimos quedan reducidas a sus componentes esenciales que son absorbidos por el intestino, 'etiquetados' y divididos (el azúcar a una parte, las proteínas a otra, las grasas a una distinta...). Finalmente, se envían a los destinatarios, los diversos tejidos y órganos del cuerpo. El intestino emite y dirige estos envíos: un trabajo que haría palidecer al mensajero más rápido. La superficie del intestino delgado asimila la mayor parte del alimento digerido, mientras que el intestino grueso se ocupa de la masa fluida restante. Este último absorbe el agua, de manera que los materiales contenidos en ella sean gradualmente concentrados y finalmente evacuados. El intestino delgado tiene una longitud de entre seis metros y medio siete. Sus paredes internas forman una serie de pliegues circulares y su superficie se encuentra recubierta de minúsculas protuberancias llamadas vellosidades.

Cuando la comida, ya digerida en parte por el estómago, entra en el intestino y alcanza las microvellosidades se descompone definitivamente a través de la acción de algunas enzimas y es asimilada en el interior de células particulares. La glucosa (la sustancia base de los hidratos de carbono, como el pan o la pasta) o los aminoácidos (los constituyentes de las proteínas, presentes por ejemplo en la carne, pescados, huevos, quesos) pasan a las células, se introducen en los vasos sanguíneos y se dirigen hacia el hígado. Las grasas siguen un trayecto distinto: entran en los vasos linfáticos capilares, pasan a los grandes vasos linfáticos y desde allí son enviados a las venas.

Terminación de la ramificación bronquial

Arteria pulmonar

Vaso linfático

Arteria bronquial

Vena bronquial

Bronquiolo

Bronquiolo

Músculo liso

Anhídrido carbónico

Oxígeno

Glóbulo rojo rico en oxígeno

Glóbulo rojo con poco oxígeno

Un depósito de 600 litros diarios

Vena pulmonar



Red de capilares de la pared alveolar

Alveolo

Vivimos porque nuestras células viven. Para hacerlo, necesitan energía. Y para obtenerla se debe 'quemar' algo: en una chimenea se quema la leña, en el horno de casa, el gas… y en las células se usa, como combustible, la glucosa que ha llegado al intestino a través de la descomposición de la comida. Desde el punto de vista químico, la combustión no es más que una reacción de oxidación, que puede ocurrir, como en este caso, sin necesidad de llama. Para que este fenómeno se produzca hace falta oxígeno, que se obtiene a través de la respiración.

El aparato respiratorio introduce en la sangre el oxígeno inhalado, lo hace circular a través de las células de todo el cuerpo y lo emite a la atmósfera en forma de anhídrido carbónico producto de la reacción de combustión. De hecho, este proceso es similar al que se produce en los automóviles o en una chimenea.

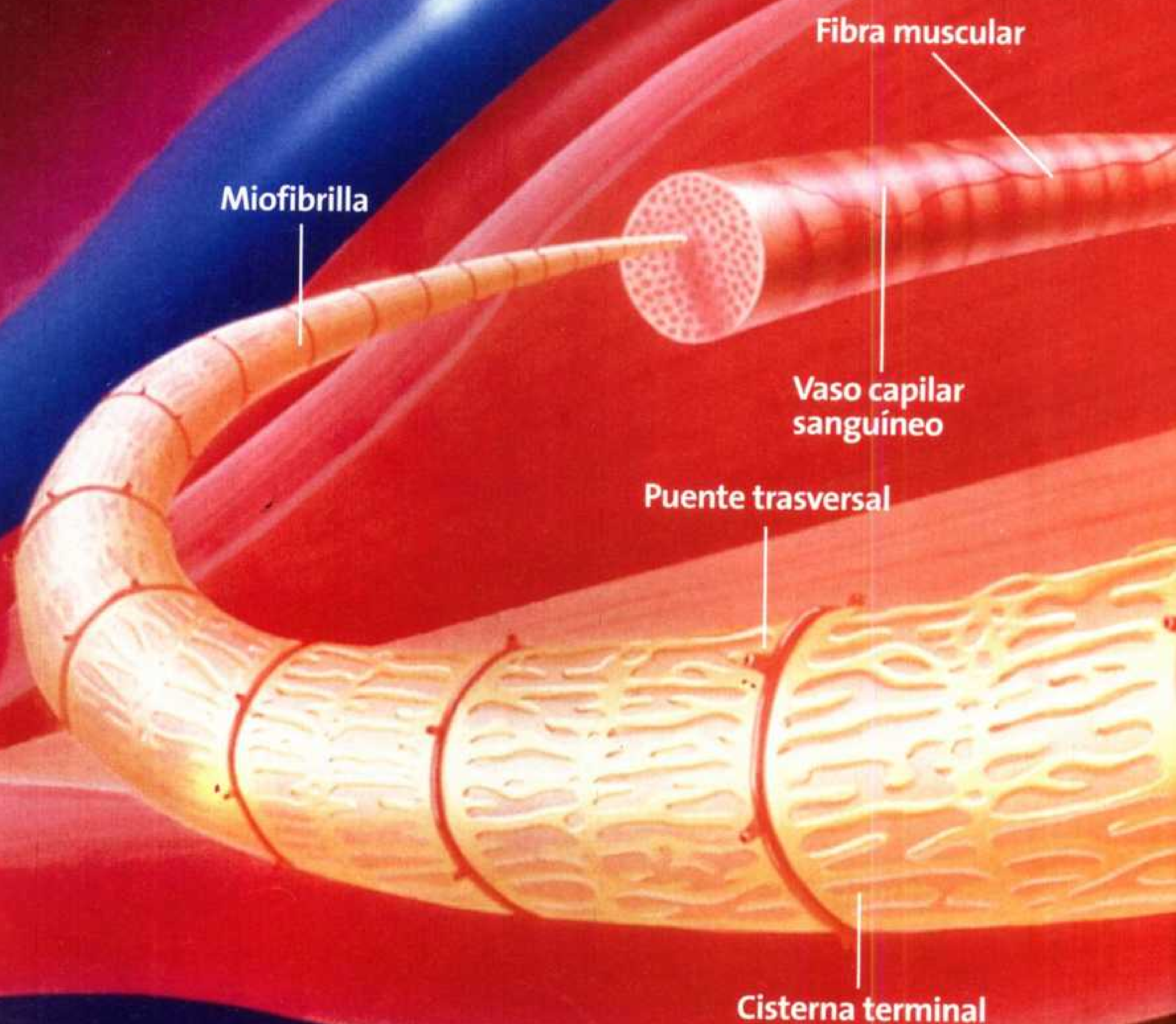
Por acción del diafragma y de los músculos costales, los pulmones se expanden y se contraen. Los bronquios provocan la entrada y la salida del aire de los alveolos internos a los pulmones. Este proceso se realiza a través de sutilísimas paredes que separan el aire que se encuentra en los alveolos de la sangre, contenida en los capilares de las venas y arterias que corren en torno a los alveolos. Cada uno de nosotros necesita al día una carga de cerca de 600 litros de oxígeno (casi el contenido de 10 depósitos de automóvil) y produce cerca de 480 litros de anhídrido carbónico. Nada más llegar a la sangre, el oxígeno resulta capturado por una proteína, la hemoglobina, que se encuentra en los glóbulos rojos. En unos 90 segundos aproximadamente llega a cada ángulo del cuerpo.

UNA INCESANTE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La hemoglobina, presente en los glóbulos rojos, captura el oxígeno que entra en la sangre desde los pulmones y lo transporta por las arterias a cada rincón del cuerpo. Las sustancias nutritivas como la glucosa (formada por carbono, hidrógeno y oxígeno) se oxidan, en las células, por efecto del oxígeno y se separan en agua y anhídrido carbónico, generando la energía necesaria para la vida. El anhídrido carbónico entra en las venas y se transfiere a los alveolos pulmonares, para acabar expulsado al exterior del cuerpo.

El tobogán que nos mueve


Cada vez que nos movemos, sonreímos o saltamos, contraemos una serie de músculos. Probemos, por ejemplo, a observar el movimiento del codo. En la parte delantera del húmero (el hueso largo del brazo) se encuentra un músculo llamado bíceps. Cuando este se contrae, el codo se pliega y, al mismo tiempo, se extiende el músculo tríceps, ubicado en la parte posterior. Los músculos están formados por haces de numerosas fibras musculares compuestas por células con un diámetro de 0,1 milímetros. Las fibras musculares alcanzan varios centímetros de longitud y en su interior presentan un gran número de miofibrillas, superpuestas ordenadamente una sobre otra. Cuando reciben un estímulo nervioso, todas las miofibrillas se contraen y el músculo se restringe. Todo esto se hace posible gracias a una particularidad de las miofibrillas, formadas por dos proteínas superpuestas, la actina y la miosina. Cuando reciben un estímulo nervioso, estas proteínas resbalan y se deslizan una sobre otra; en consecuencia las fibras se superponen más o menos y la fibra muscular se acorta o se alarga.



ELECTRICIDAD Y QUÍMICA NOS PERMITEN MOVERNOS

Cuando un estímulo nervioso llega al músculo, la señal eléctrica del nervio se transforma en una señal química (con emisión de iones de calcio) a causa de la acción de un pequeño órgano que recubre las miofibrillas, llamada retícula sarcoplasmática. La emisión de iones de calcio provoca que las sustancias que componen la miofibrilla (la actina y la miosina) se deslicen la una sobre la otra y el músculo se contraiga. Cuando se pliega el codo, la actina se desliza y se enhebra entre la miosina. En cambio, cuando el brazo está tendido, las dos sustancias no están superpuestas.



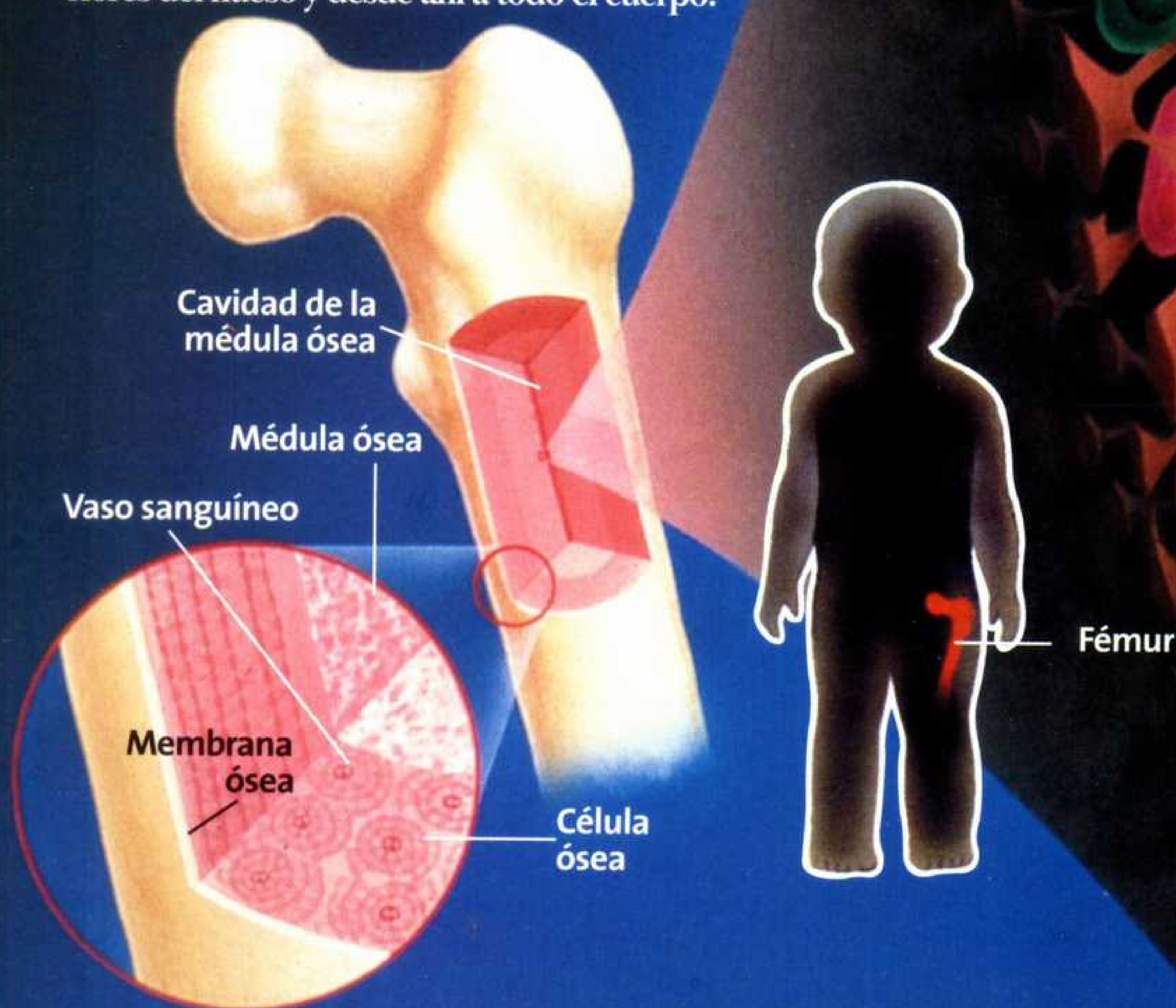

Músculo
Músculo bíceps del brazo
Membrana muscular
Actina
Miosina
Actina
Miofibrilla acortada
Retículo sarcoplasmático
Músculo tríceps del brazo
Membrana muscular
Fibra muscular
Vaso capilar sanguíneo
Actina
Miosina
Actina
Retículo sarcoplasmático
Miofibrilla alargada

La fábrica de sangre es un hueso duro

Es cierto que los huesos sirven para sostener el cuerpo. Sin embargo, desarrollan una función aún más importante pero menos conocida: son la fábrica de la sangre. Sus células (glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas) y los linfocitos destinados a la defensa del organismo, derivan de células madre que se producen en las cavidades internas de los huesos por una sustancia llamada médula ósea.

Quien piense que un hueso forma un todo igual, un simple andamiaje rígido, se equivoca: es un tejido extremadamente especializado, formado por varios estratos. En la parte rígida se encuentran las células llamadas osteoblastos, que crean el tejido óseo verdadero y propio, y otras células, los osteoclastos, que lo destruyen cuando la célula envejece: gracias a ambas, el hueso se renueva constantemente.

En la cavidad central del hueso se encuentra la médula ósea formada por un tejido, llamado hematopoyético, que fabrica las células madre de la sangre. Este tejido está lleno de retículas por las cuales pasan los vasos capilares sanguíneos llamados sinusoide. Llegadas a la madurez, las células madre se diversifican formando las diversas células de la sangre que se introducen en ésta a través de las cavidades de la pared de los capilares sinusoides. Estos últimos las transportan hasta los vasos sanguíneos exteriores del hueso y desde ahí a todo el cuerpo.



Núcleo del glóbulo rojo

Glóbulo rojo

Glóbulo rojo perdiendo su núcleo

Emocitoblasto



CÓMO SE PRODUCE, SE REFINA Y SE DISTRIBUYE EL LÍQUIDO MÁS PRECIADO

Los huesos son una fábrica de células madre que alcanzan la madurez, se especializan transformándose en los diferentes componentes de la sangre (glóbulos rojos, glóbulos blancos, plaquetas) y en los linfocitos. En el tejido hematopoyético de la médula ósea se encuentran células de la sangre en varios estados de maduración. Los glóbulos rojos, por ejemplo, nacen con núcleo celular y lo pierden antes de introducirse en la circulación sanguínea. Las células se introducen en la sangre por los agujeros existentes en las paredes de los vasos capilares. Las llamadas megacariocitos originan las plaquetas, que luego entran en la circulación sanguínea.

EL MECANISMO ESTÍMULO-RESPUESTA.

Un estímulo externo (un pellizco en la piel) es recogido por los nervios periféricos, entra en la médula espinal y se transmite al cerebro. Aquí se desencadena una reacción en respuesta, por ejemplo un movimiento del brazo. La señal eléctrica que ordena este movimiento parte del cerebro y viaja a través de un nervio motor hasta llegar al músculo, mediante una prolongación de las células nerviosas, llamadas cilindroeje, que adhiere a las células musculares. Aquí la señal eléctrica se convierte en una señal química (acetilcolina), que se transmite a las células del músculo y provoca las contracciones.

Haz de fibras nerviosas

Haz muscular

Fibra muscular

Cilindroeje


Membrana basal

Extremidad del cilindroeje

Membrana de la célula muscular

Vesícula plana


Nervios en la autopista



Cuando se compara a nuestro sistema nervioso con un ordenador en el que circula información en forma de impulsos eléctricos, el símil se queda corto: el sistema nervioso humano es mucho más complejo. Bien sea porque estas informaciones viajan en ambos sentidos (por ejemplo, cuando una persona recibe un golpe, el cerebro capta la información de la zona y ordena que un músculo se contraiga), o bien porque la información se transforma continuamente de señales eléctricas a señales químicas.

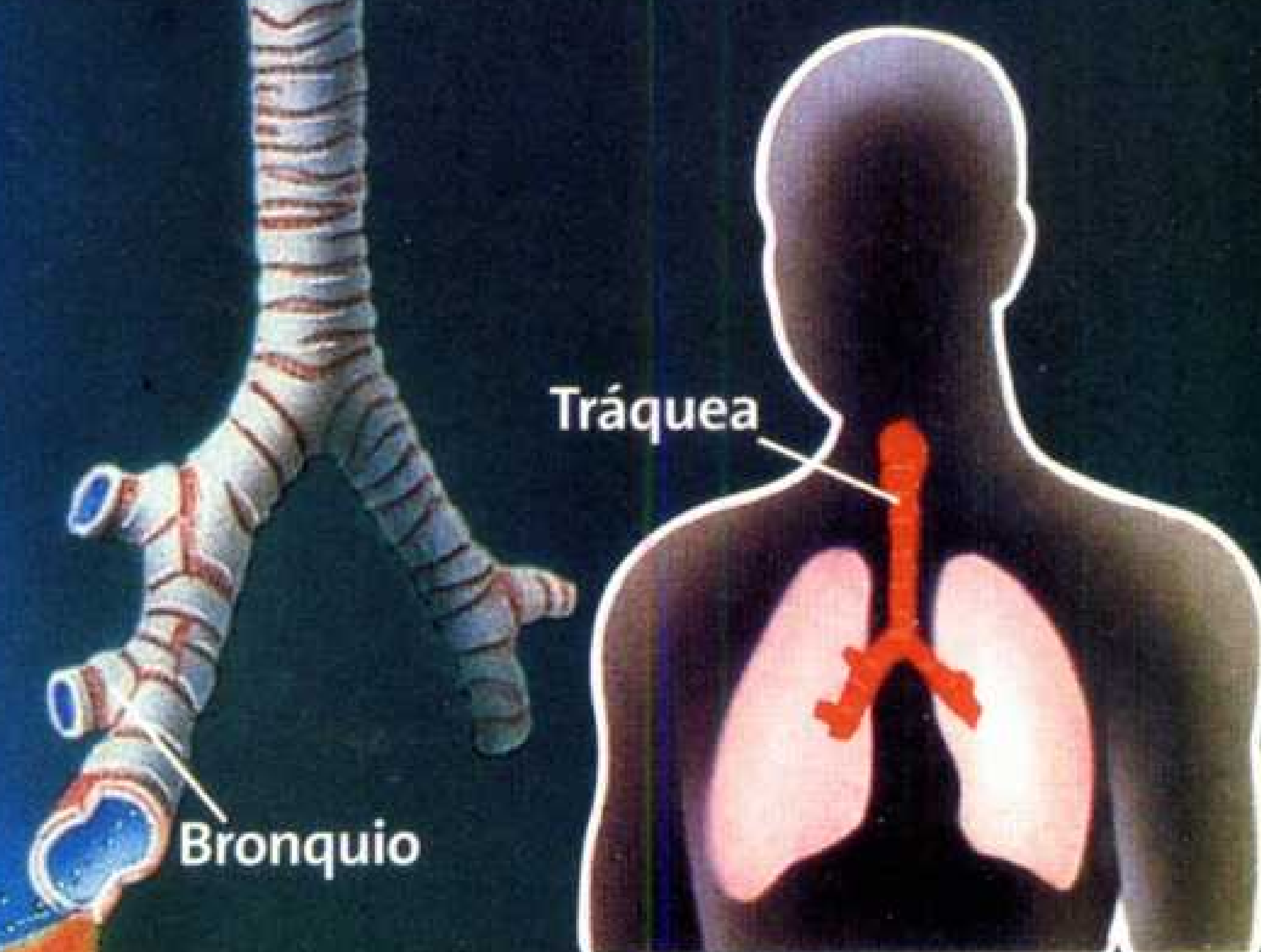
El cerebro y la médula espinal constituyen el sistema nervioso central. Del cerebro parten 12 pares de nervios craneales y de la médula espinal 31 nervios periféricos, que se extienden por todo el cuerpo y controlan los movimientos y las percepciones. Los sentidos, como la vista, el oído o el olfato, se transmiten desde diversos nervios centrales. Los nervios periféricos que controlan el movimiento reciben el estímulo del sistema nervioso central y lo transmiten a los músculos.

El sistema nervioso se encuentra constituido por neuronas (células nerviosas), que se prolongan en un cilindroeje y en las dendritas. El cilindroeje es muy largo y en algunos casos puede alcanzar un metro. Los impulsos provenientes del exterior (el famoso pellizco, por ejemplo) entran por las extremidades de las dendritas y se transforman en señales eléctricas que se envian al cerebro. Si éste decide contraatacar con un bofetón envía una señal eléctrica que llega a las neuronas periféricas y corre a través del cilindroeje. Su extremidad se adhiere a las células y forma sinapsis. Cuando el impulso eléctrico llega a este área de conexión de las células nerviosas se produce una señal química (neurotransmisora) entre las sinapsis de las células musculares llamada acetilcolina. Gracias a ella la señal de movimiento puede transmitirse al músculo. El proceso completo sólo dura unas pocas fracciones de segundo.



UN EJÉRCITO BIEN ADIESTRADO
Un virus se reproduce en el interior de una célula y la destruye o inhibe. De esta forma, los nuevos virus se extienden por todo el organismo. El linfocito B se activa, produciendo anticuerpos en los vasos sanguíneos. Estos anticuerpos atacan al virus o a la bacteria. Y lo mismo hacen los anticuerpos IgA (inmunoglobulina A) en las mucosas. En cambio, el anticuerpo IgG (inmunoglobulina G) ataca al virus o a la bacteria en otros tejidos. Estos microorganismos ligados a los anticuerpos son posteriormente eliminados por los macrófagos, que se cuentan entre los tiradores escogidos del organismo.

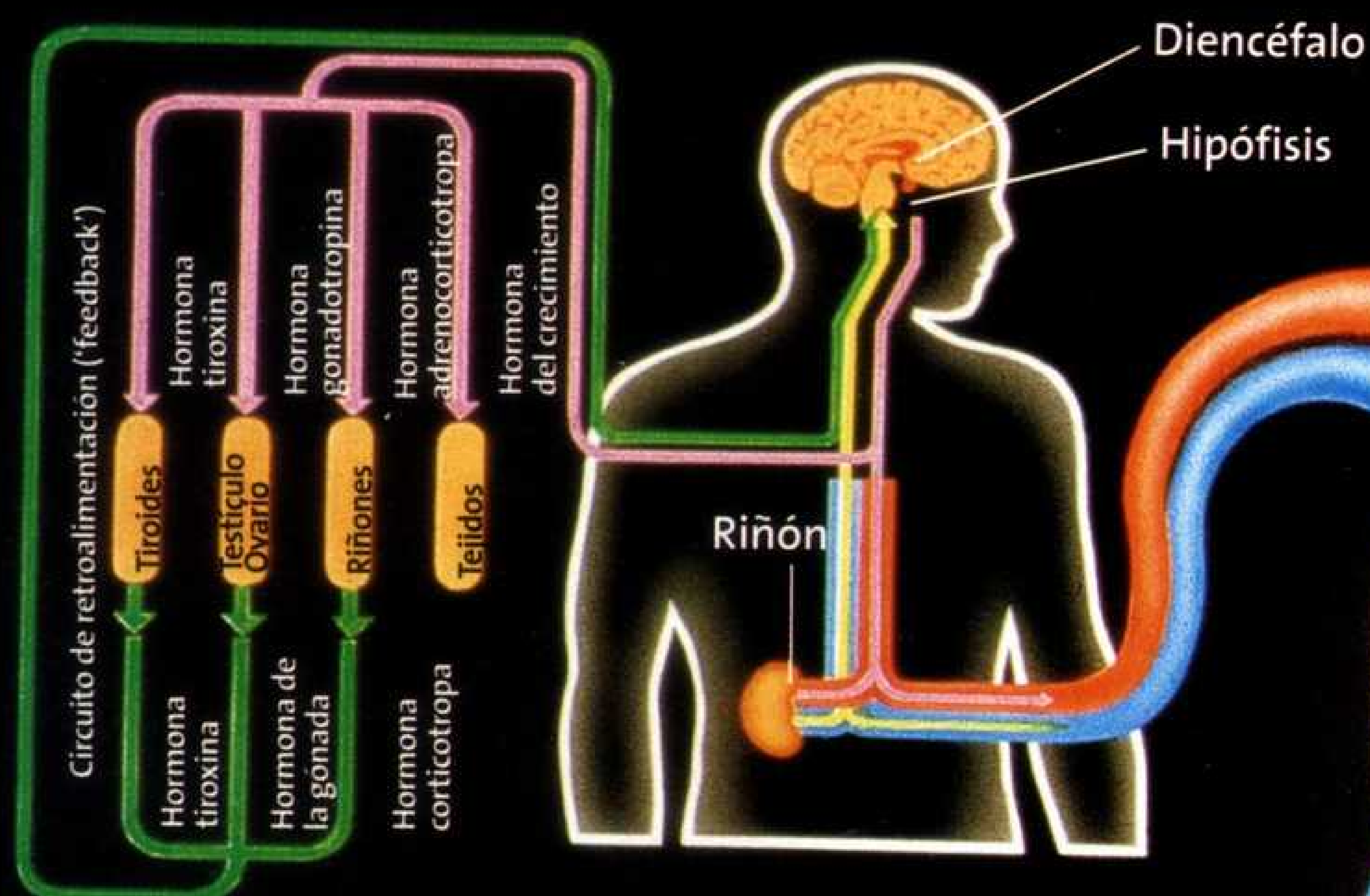
Soldados antivirus



Cuando un cuerpo extraño (bacterias, virus o sustancia tóxica) entra en nuestro organismo, por ejemplo, con el aire que respiramos, desencadena un complejo mecanismo de defensa controlado por el sistema inmunológico, que se desarrolla en varios niveles. El cuerpo extraño que provoca esta reacción se llama antígeno: cuando entra en el organismo es reconocido como extraño y pone en alerta a los linfocitos, los sistemas de defensa. Éstos ordenan la producción de los anticuerpos que reaccionan sólo contra ese antígeno determinado. En el caso de que el 'invasor' sea un virus, el anticuerpo le impide penetrar en las células del cuerpo; si se trata de una sustancia tóxica, la neutraliza. Si el agresor es una bacteria, los anticuerpos hacen que entre en actividad una proteína llamada complemento, que penetra en la membrana celular de la bacteria y la destruye.

Supongamos que una bacteria o un virus invade los bronquios, la tráquea o la garganta produciendo síntomas de resfriado: tos, estornudos, fiebre. Cuando las mucosas de la tráquea o de los bronquios se infectan, los linfocitos B de la sangre emiten ciertos tipos de anticuerpos llamadas inmunoglobulinas (IgG, IgA...), que alcanzan los diversos territorios para vencer al enemigo. La inmunoglobulina (IgG) ataca a los virus y bacterias en la sangre o en los tejidos; la IgA, los combate en las mucosas. De este modo, los agresores son inmovilizados y sucesivamente destruidos por 'tiradores elegidos' llamados macrófagos.

Este perfecto mecanismo de defensa presenta, en cambio, un aspecto negativo en el caso de las alergias, cuando el organismo reacciona de un modo totalmente desproporcionado a los antígenos. También es bastante habitual en los trasplantes de órganos, cuando provoca crisis de rechazo.



Glomérulo

Túbulo renal

Uréter

Riñón

Un ambiente nada malo

Nunca llegaremos a vivir en una casa en la que se alterne el frío polar con el calor tropical, aire demasiado seco y humedad excesiva. Y en el que no fuera posible eliminar la inmundicia. También nuestras células necesitan un ambiente confortable. De ello se ocupan las hormonas, sustancias secretas de las glándulas endocrinas. Los riñones, por ejemplo, filtran y evacúan las escorias del organismo, pero trabajan también para mantener la cantidad justa de agua y de sales en el cuerpo. La sangre, que transporta esas escorias, es filtrada en primer lugar por los glomérulos del riñón: la pre-orina obtenida de este modo se envía a los tubos renales, donde se absorbe una parte y el resto se transforma en orina. En cambio, la cantidad y la composición de la orina están reguladas por hormonas, como la vasopresina emitida por la hipófisis.

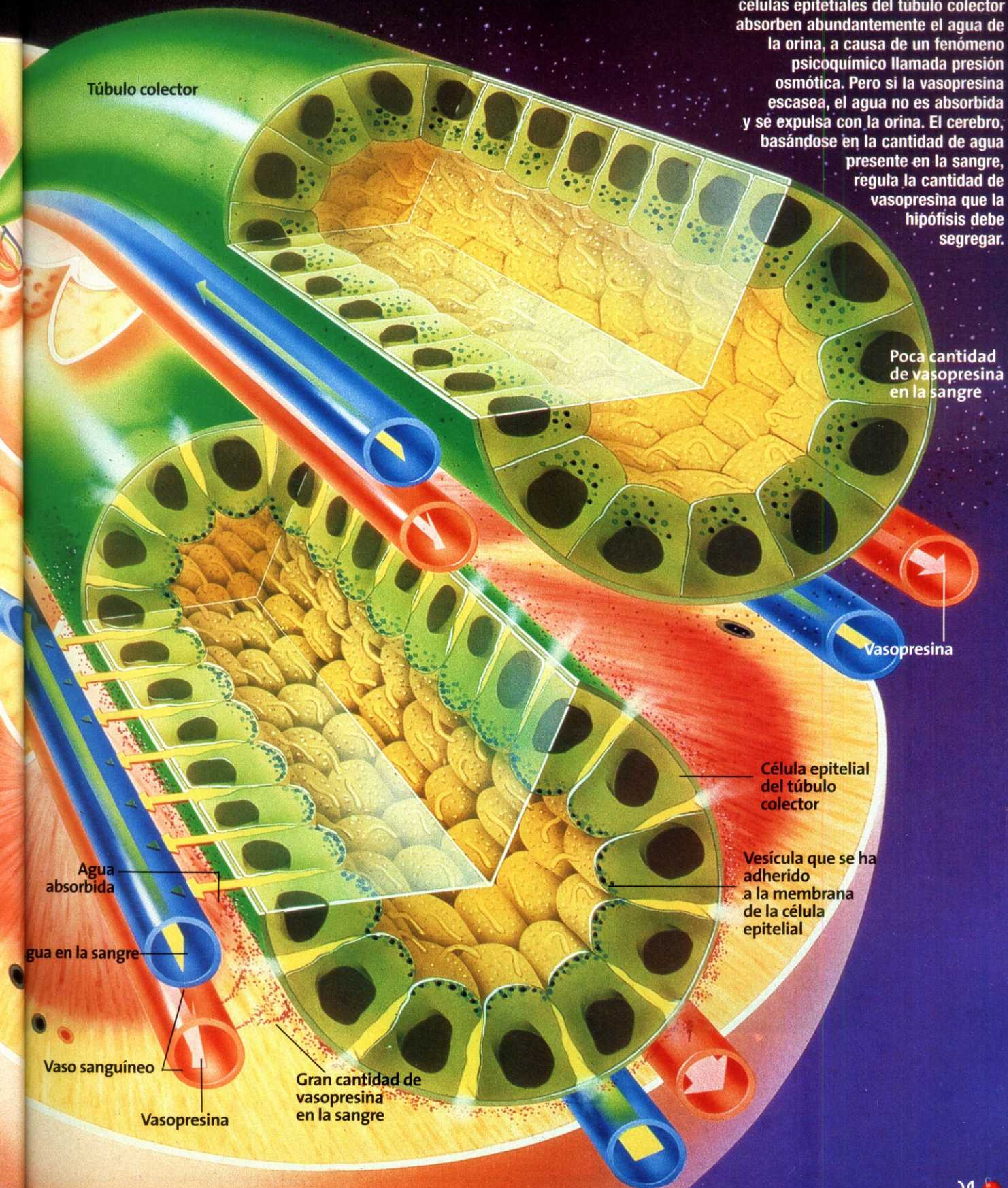
También las hormonas controlan las funciones de otros órganos. La hipófisis segrega diversos tipos de hormonas, regula el crecimiento del cuerpo y las funciones de las otras glándulas. Pero para establecer la cantidad justa que se ha de producir, necesita información, que le llega del hipotálamo, situado en el diencéfalo (una parte del cerebro), el cual percibe la cantidad de las hormonas circundantes o la de las sales presentes en la sangre y regula en consecuencia la actividad de la hipófisis. Gracias a este mecanismo de contrarreacción (o retroalimentación, *feedback*) se regulan las funciones de los órganos y de las glándulas y el ambiente interior del cuerpo se mantiene estable.

LA HORMONA QUE REGULA EL AGUA

La vasopresina es una hormona antidiurética que viaja a través de los vasos sanguíneos. Cuando la sangre es demasiado densa y hay poca agua en el organismo, el diencéfalo ordena la producción de una gran cantidad de vasopresina. Esto hace que las células del túbulo colector puedan absorber más agua y diluir de este modo la sangre. Cuando el agua que circula es suficiente, su absorción se hace más difícil y el organismo produce una mayor cantidad de orina.

UN ACUEDUCTO REGULADO POR EL CEREBRO

Cuando la vasopresina se halla presente en grandes cantidades, las células epitetiales del túbulo colector absorben abundantemente el agua de la orina, a causa de un fenómeno psicoquímico llamada presión osmótica. Pero si la vasopresina escasea, el agua no es absorbida y se expulsa con la orina. El cerebro, basándose en la cantidad de agua presente en la sangre, regula la cantidad de vasopresina que la hipófisis debe segregar.



El final de los Romanov

El próximo 17 de julio serán enterrados, en San Petersburgo, el zar Nicolás II, su mujer Alejandra y tres de sus hijas. Y junto a ellos, las cuatro personas que les acompañaron en su suerte. Se cierra así el capítulo más confuso y comentado de la historia de los Romanov. Los restos encontrados en Ekaterinburgo, cerca del lugar donde fueron ejecutados, han sido analizados y estudiados por científicos que han corroborado a *Newton* su autenticidad



POR MÓNICA G. PRIETO Y PILAR GROSSO

El misterio de la muerte de los últimos Romanov, la dinastía que gobernó Rusia durante más de tres siglos, ha necesitado 80 años para ser esclarecido por la ciencia. Los análisis de ADN practicados a los restos encontrados en Ekaterinburgo han demostrado su pertenencia a la familia del zar Nicolás II, fusilada por un grupo de 12 bolcheviques la noche del 16 de julio de 1918.

En un principio se creyó que los cuerpos habían sido descuartizados, rociados con ácido sulfúrico y quemados, con el único propósito de que jamás se encontraran. Y durante mucho tiempo, el objetivo se cumplió gracias a las investigaciones realizadas, poco después de los hechos, por Nicolás Sokolov, el hombre que anunció que todas las víctimas, efectivamente, habían sido reducidas a cenizas.

Sin embargo, el pasado mes de enero, una comisión intergubernamental encargada por el presidente ruso Boris Yeltsin comunicó oficialmente que los restos de Ekaterinburgo pertenecen a la familia Romanov.

El inicio de las investigaciones

En junio de 1991 fueron exhumados los nueve cuerpos que habían hallado, en 1979, el cineasta y escritor Geli Ryabov y

continúa en pág. 34

LA ÚLTIMA CORONACIÓN. En la imagen grande, Nicolás II y Alejandra el día de su coronación *en la catedral de Moscú (26 de* mayo de 1896). Abajo, la pareja posa tras su compromiso oficial, el 8 de abril de 1894.



el geólogo Alexander Avdonin, en un pozo situado a pocos kilómetros de la Casa Ipatiev, en Sverdlovsk –actual Ekaterinburgo–, el lugar donde fueron fusilados. Un descubrimiento realizado a partir de los datos facilitados por Yakov Yurovsky, el principal encargado de la ejecución de los 11 prisioneros, en un informe del Kremlin. Los restos parecían ser los de la familia imperial rusa –Nicolás II, Alejandra, sus hijas Olga, Tatiana, María y Anastasia y el pequeño Alexis– y de las cuatro personas que murieron con ellos –Eugene Botkin, el médico de la familia; Trupp, el ayuda de cámara del zar; Demidova, la doncella y Kharitonov, el cocinero–. Cuando este hecho se hizo público, especialistas rusos, norteamericanos y británicos comenzaron a disputarse los análisis. Querían aplicar sus conocimientos para demostrar la autenticidad de los huesos.



UNA GRAN FAMILIA. A la izquierda, la gran duquesa Olga y de pie a su lado, su hermana María. Sentado, el zar Nicolás II,y, detrás, su mujer, Alejandra Feodorovna. Delante de ella, Anastasia, Alexis y Tatiana.

▶ Técnicas utilizadas

El primer método que utilizaron fue el de la matemática combinatoria, consistente en aplicar cuatro factores –género, edad, raza y altura–, para identificar cada uno de los cráneos con la ayuda de algunas fotografías. Una vez que han sido casi reconocidos, los cráneos son superpuestos, desde diferentes ángulos, a las imágenes disponibles mediante un programa informático. Como conclusión, anunciaron que los restos eran auténticos y que faltaban los del *zarevich* Alexis y los de su hermana María. Este estudio, llevado a cabo por un equipo ruso, fue considerado por especialistas de todo el mundo como 'poco científico'. A su vez, un grupo de investigadores americanos, liderados por William Maples, analizó también las muestras dentales para llegar a la conclusión de que faltaban las de la gran duquesa Anastasia y las del *zarevich* Alexis.



EL FINAL DE LA HISTORIA. El pozo de Ekaterinburgo en el que Avdonin y Ryabov encontraron los restos de la familia imperial, en 1979, y de donde sacaron tres calaveras para devolverlas a su sitio poco después.

Especialistas británicos, rusos y estadounidenses se disputaron los análisis

Poco tiempo después, el ruso Pavel Ivanov –experto en biología molecular– y el británico Peter Gill, director del Centro de Investigación Molecular del Servicio Científico Forense del Home Office, fueron designados como nuevos responsables de la investigación. Ambos científicos, expertos en ADN, se entusiasmaron con el proyecto. «Era el único método que no dejaba lugar a dudas», explica Ivanov a *Newton*. Los primeros análisis fueron realizados basándose en el ADN nuclear, lo que permitió establecer la relación de parentesco existente entre los nueve cuerpos. Se dedujo que pertenecían a una familia compuesta por un padre, una madre y tres hijas. Entonces ya sabían que no estaban dos de los miembros: una de las grandes duquesas y, de nuevo, Alexis.

Aún así quedaba la parte más complicada: comprobar que los huesos pertenecían a los Romanov. Para ello fue imprescindible el estudio del otro tipo de ADN presente en las células: el mitocondrial. Mientras que el nuclear es transmitido por ambos progenitores, el

continúa en pág. 36 →

mitocondrial se hereda exclusivamente por parte de la madre, pasando inmutable de generación en generación. Comenzó entonces un arduo trabajo de documentación que permitió trazar el árbol genealógico de la zarina, para comparar el ácido desoxirribonucleico de los huesos con el de los parientes vivos de ésta. Los restos que supuestamente pertenecían a Alejandra coincidían con los de su sobrino nieto, Felipe de Edimburgo, el marido de la reina Isabel II de Inglaterra. No había dudas: las muestras de ADN encajaban a la perfección.
Pero no resultó tan fácil comprobar la identidad de los huesos de Nicolás II. Los investigadores solicitaron permiso para exhumar al gran duque Jorge, hermano del zar, enterrado en el mausoleo de los Romanov, en San Petersburgo, pero fue denegado: el alcalde de la ciudad alegó que era demasiado costoso abrir la tumba. «Cuando miro atrás no me explico cómo conseguimos superar los problemas», repite Ivanov.
Pero los investigadores contaban con un entusiasta seguidor: el violonchelista ruso Mstislav Rostropovich que presentó una solución alternativa, mientras preparaba un viaje al Japón. En 1892, el zar Nicolás II sufrió un atentado en tierras niponas, cuando un japonés armado con un sable le produjo un tajo en el cráneo, sin graves consecuencias. La herida sangró abundantemente y el pañuelo que contuvo la hemorragia fue guardado en el museo de la ciudad. El propio violonchelista pagó

continúa en pág. 38 →





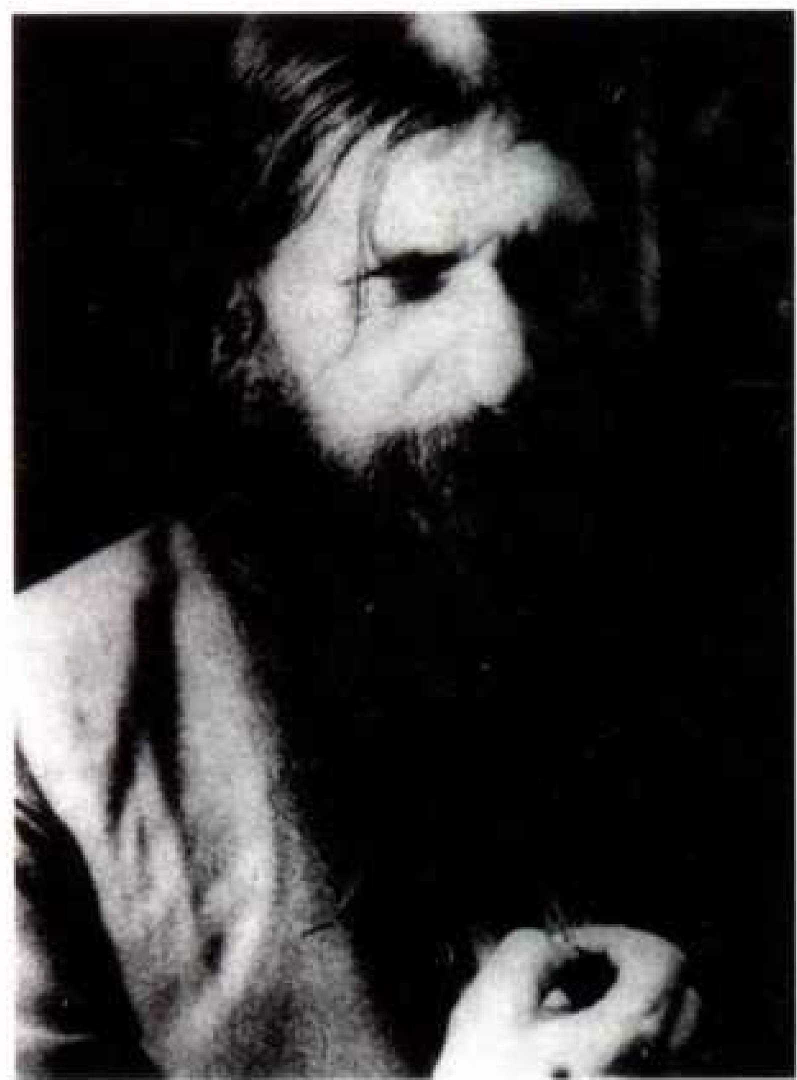
TODOS UNIDOS. Arriba, de izquierda a derecha, María, Tatiana, Anastasia y Olga. Abajo, con las cabezas rapadas después de haber contraído paperas cuando eran prisioneros de los bolcheviques.

Los inicios de la revolución

El nacimiento del 'zarevich', la hemofilia y Rasputín

El 12 de agosto de 1904, la zarina Alejandra Feodorovna daba a luz un varón. Por fin, el problema de la sucesión se había resuelto. Pero la alegría duraría poco. El doctor Botkin, médico de la familia, anunció a los zares que el pequeño padecía una enfermedad incurable: la hemofilia. A partir de ese momento se desencadenaron una serie de hechos que, según muchos, allanaron el terreno para la revolución. La desesperación de Alejandra la llevó hasta Rasputín, un libertino monje siberiano al que se le atribuían poderes curativos especiales y que aprovechó su influencia para inmiscuirse en los asuntos de Estado.

• La hemofilia es una enfermedad genética que transmiten las madres portadoras a sus hijos varones. Es, pues, un caso de herencia ligado al sexo. El problema de los pacientes hemofílicos es que, debido a defectos en su ADN, tienen una actividad muy pobre de uno de los factores claves de la coagulación. Si el déficit es del factor VIII, entonces la hemofilia se denomina A; si es del factor IX, B.
En función del grado de falta de actividad, así serán los síntomas, que siempre tienen que ver con una incapacidad de la sangre para coagularse. Sin tratamiento, las hemofilias más severas tienen muy mal pronóstico.
En la actualidad, la enfermedad se trata con factores de coagulación conseguidos a partir de plasma humano. En el futuro, los factores se obtendrán de la leche de animales clonados y transgénicos. A más largo plazo, la terapia génica puede que sea la solución definitiva al problema de muchas decenas de miles de personas en todo el mundo.





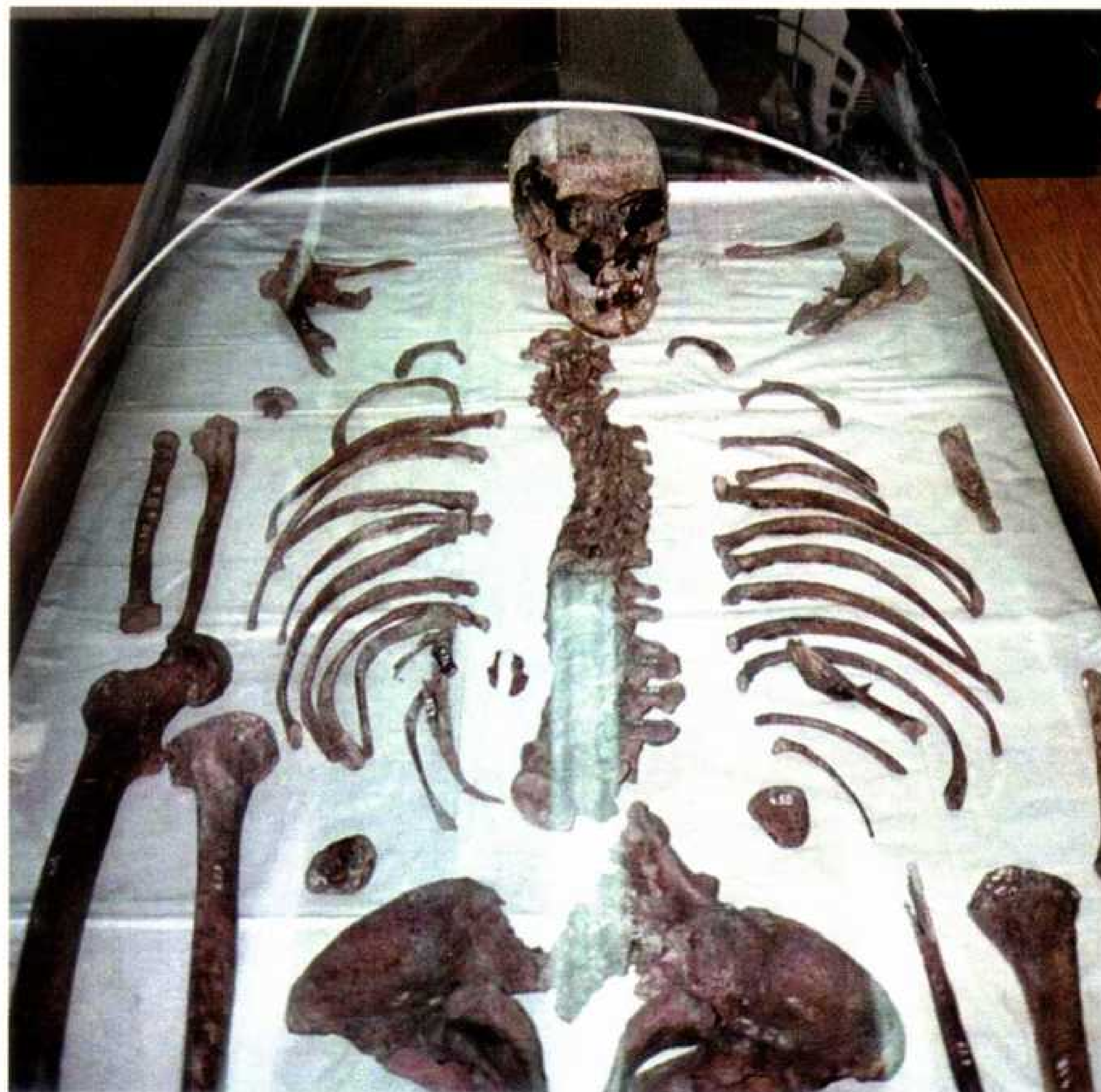
LOS PODERES DEL MONJE LOCO. Alejandra confiaba plenamente en los poderes curativos de Rasputín (Izda.) contra la enfermedad de Alexis. Antes de su muerte, en 1916, a manos del príncipe Yussupov, el monje avisó a los zares del peligro.

a Ivanov un viaje a Japón, donde consiguió una muestra del pañuelo, pero el polvo, la suciedad y las células descamadas presentes en el trapo no arrojaron datos determinantes.

Los últimos resultados

Tras no pocas dificultades, los biólogos encontraron parientes vivos: los descendientes de Xenia, la hermana de Nicolás II. Gracias a las investigaciones sobre el ADN mitocondrial, los resultados volvieron a encajar y en junio de 1993, los dos científicos anunciaban la noticia. El doctor Maples, no contento con las investigaciones, conseguía permiso para extraer los dientes de las calaveras y entregárselos a la doctora Mary-Claire King, de Berkeley, que nunca desveló sus conclusiones. En 1994, se confirmaban los datos tras conseguir exhumar y realizar las pruebas de ADN al gran duque Jorge, aunque la ratificación oficial no llegaría hasta el pasado día 12 de enero de manos del viceprimer ministro ruso Boris Nemtsov.

Así, el único punto que queda por aclarar es el del destino final de los dos descendientes desaparecidos. Sus cuerpos nunca fueron hallados. «Todos los supuestos herederos que han aparecido hasta ahora son unos impostores, y por eso les reto a que se hagan las pruebas de ADN», asegura Ivanov a esta revista. El biólogo opina que fueron enterrados en otro lugar, seguramente cerca de la fosa común, un sitio difícil de encontrar debido a la topología de la región.





EL ÚLTIMO ZAR DE RUSIA. Las pruebas de ADN realizadas a los restos de Nicolás II fueron las más complicadas. Se pensaron y agotaron todas las posibilidades, hasta que, por insistencia de la iglesia ortodoxa rusa, exhumaron a su hermano.

Anastasia y la señorita desconocida

La confusión y el desconocimiento que rodeó, durante años, el momento de la muerte de la familia imperial rusa, dio lugar a la aparición de un sinfín de impostores. De entre todos, es el de Anna Anderson (a la derecha), el caso más conocido e investigado. El día 17 de febrero de 1920, apareció en Berlín una mujer que, tras haber saltado a las aguas del canal Landwher, había sido internada en un hospital. No supo o no quiso decir quién era y fue trasladada a un asilo mental: Dalldorf. Un lugar en el que pasó dos años y donde confesó que era Anastasia, la hija menor del zar Nicolás II. Su cuerpo, cubierto de cicatrices, los datos certeros que facilitó sobre los Romanov y la aprobación y simpatías de varios miembros de la familia, le abrieron el camino. Sin embargo, los análisis de ADN realizados en 1994 (a los 10 años de su muerte), tras una dura batalla legal sobre un fragmento de sus tejidos, arrojaron otros resultados. Después de compararlo con los restos procedentes de Ekaterinburgo, con una muestra de sangre donada por el príncipe Felipe de Edimburgo y con otra de un campesino alemán (Schanzkowska), el doctor Gill anunció que la señorita desconocida era en verdad Francisca Schanzkowska, una modesta campesina polaca.



LIBROS

Robert K. Massie

Los Romanov. Capítulo final

Editorial Thassàlia

INTERNET

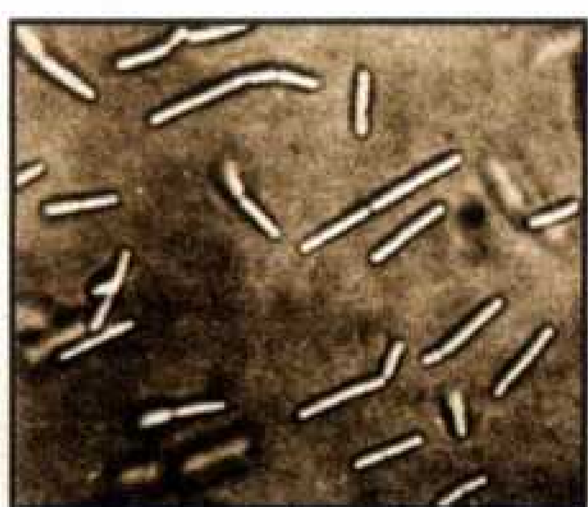
http://www.freedomnet.com/~czar/survive.htm

El diario de historia de la ciencia de *Newton*
Así es como los periódicos de la época habrían anunciado los descubrimientos de la ciencia y la tecnología. Estas noticias son históricamente ciertas.

París, 16 de julio de 1885

¿QUÉ ES LA VACUNA?

El principio de la vacunación no es nuevo. Fue aplicado, en 1796, de modo empírico, por el médico inglés Edward Jenner, pero sólo ahora, gracias a Pasteur, se ha comprendido su mecanismo de funcionamiento. El biólogo francés, después de comprobar que estas enfermedades son causadas por agentes infecciosos microscópicos, ha descubierto que en un animal ya enfermo, existe una forma casi inocua de estos organismos, los ha extraído y se los ha inyectado al paciente, convencido de que, de este modo, su organismo podría defenderse mejor de la enfermedad. Y así ha sido.



¿QUIÉN ES PASTEUR?

Pocos científicos son tan discutidos como Louis Pasteur. Comparte tanto admiradores fanáticos como detractores vehementes. Nacido en Dole el 27 de diciembre de 1822, se hizo famoso en 1864 por haber ideado un método, conocido como 'pasteurización', para eliminar mediante el calor los microorganismos responsables de infecciones en bebidas como la leche. Algún día se le reconocerán todos los méritos al brillante científico.

Un niño, el primer ser humano salvado de la enfermedad

Un científico francés vence a la rabia

Louis Pasteur explica la técnica de la vacunación. Sus dudas y sus esperanzas antes de conocer el resultado. La terapia le ha devuelto la vida. ¿Venceremos de esta manera a todas las enfermedades infecciosas?

DESDE PARÍS

Tal vez esta noticia pase a la historia, pues parece cercano el momento en el que se puedan vencer las enfermedades infecciosas más extendidas. Un biólogo francés, Louis Pasteur, ha logrado vencer una enfermedad contagiosa, como la rabia, experimentando una técnica ideada por él llamada vacunación. Y un niño alsaciano de nueve años, Joseph Meister, hoy le debe la vida.

La noticia del éxito de Pasteur ha sacudido profundamente a la comunidad científica, y no han faltado las críticas de acreditados expertos que mantienen la duda sobre la eficacia de su técnica, como se explica abajo.



Louis Pasteur en el laboratorio del instituto que ha fundado.

«Yo estoy convencido de que con la vacunación podremos derrotar a las enfermedades infecciosas», ha declarado el científico francés que ayer abandonó París.

Pasteur ha vivido de manera dramática los últimos días antes de estar seguro del éxito, solo contra el mundo, que sin duda lo habría crucificado si el pequeño Meister hubiera muerto después de esta terapia experimental. Todo comenzó el pasado 6 de julio, cuando los señores Meister llevaron a su pequeño, que había sido mordido 14 veces por un perro rabioso, al laboratorio del científico. Pasteur se encontró de pronto ante el dilema: probar un remedio nuevo o esperar, sin hacer nada, la muerte del niño. «He estado atenazado por las dudas sobre la terapia durante toda la semana. Mi esposa Marie, y su inquebrantable fe en la vacunación, me ha permitido continuar», ha comentado el científico.

Para Pasteur, la curación de Meister ha sido también una revancha contra el destino ya que el científico perdió a sus tres hijas cuando eran aún pequeñas, una de ellas a causa del tifus, enfermedad contra la cual aún no existe curación, pero que un día podrá ser derrotada mediante la vacunación, del mismo modo que hoy ha sido vencido el azote de la rabia.

Violenta reacción de los enemigos del biólogo

«Es falso, las bacterias no existen»



Joseph Meister

La noticia de la primera curación de la rabia ha desencadenado reacciones muy diferentes. Son muchos los enemigos de Pasteur que responden violentamente a su vacunación. «Es una invención ridícula», ha declarado el fisiólogo Pierre Pochet. «Si existieran las bacterias, acabarían por formar delante de nosotros una falsa niebla». Para el periodista Henri de Rochefort, «Pasteur inocula la rabia a las personas sanas, en vez de sanar a las enfermas». El diario *L'Intransigeant* ha insinuado, incluso, que el científico suele ocultar los cadáveres de los pacientes a los que ha hecho morir.

¿Cómo terminará?

A pesar de la polémica inicial, la vacunación se convirtió en el arma más potente para protegernos de las enfermedades infecciosas. A la muerte del científico, en 1895, Francia lo despidió con todos los honores. Meister se convirtió en el guarda del Instituto Pasteur, y moriría por defender el edificio ante el saqueo nazi.

¿Por qué reímos, por qué lloramos?

POR PIERGIORGIO STRATA E FABRIZIO BENEDETTI*

▶ Las reacciones de los individuos ante los hechos que les conmueven no son iguales: situaciones agradables para unos, resultan desagradables para otros. La diferencia reside en factores ambientales y genéticos, y el responsable de este complejo mecanismo es el cerebro que, combinando emotividad y racionalidad, ha garantizado a la especie humana su supervivencia



Apretaba y no paraba. Veía mis manos que ahogaban su cuello, pero una fuerza externa me impedía parar». Ésta es la confesión de un fraile sospechoso de haber estrangulado a una emigrante, madre de dos hijos. Quizá se debió a una pérdida de control, algo que también pudo haber sucedido en el caso de un pastor macedonio que violó y mató a dos muchachas o en el del perro que degolló a 18 gallinas sin comerlas, desoyendo a su amo, al que siempre había obedecido lealmente. ¿Por qué ante ciertos estímulos, inocuos para la mayoría de las personas, algunos individuos reaccionan con comportamientos irracionales?

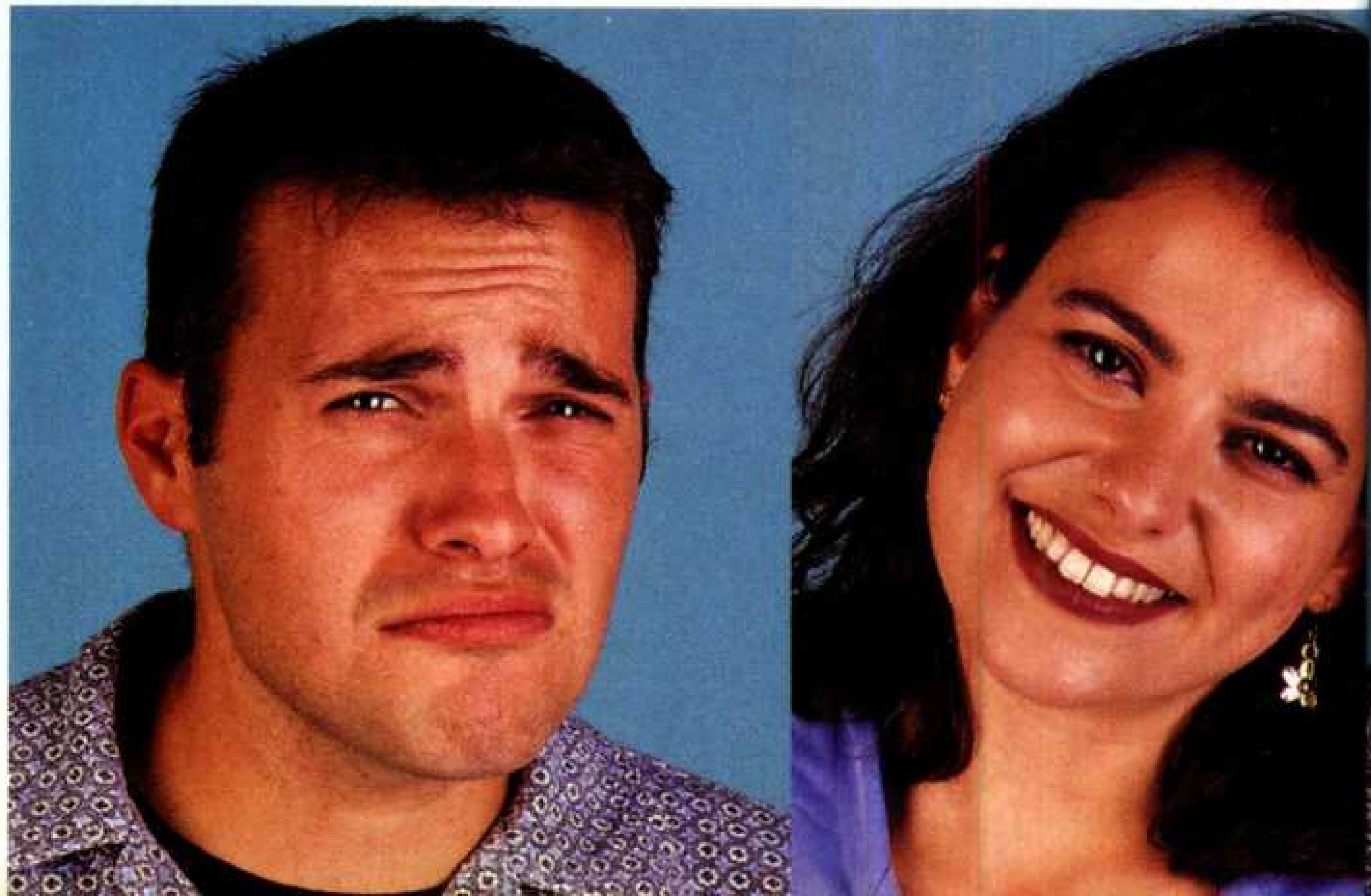
Cada persona reacciona de distinta forma ante sensaciones idénticas


▸ Es una cuestión de 'tono'

A través de los órganos sensoriales, los estímulos externos llegan a zonas específicas del cerebro, provocando procesos de sensación y percepción. Así, por ejemplo, las ondas electromagnéticas se convierten en luz y color (sensación) y pueden dar lugar a la imagen de un rostro(percepción). Sin embargo, el mismo estímulo envía otros mensajes a otras zonas del cerebro, y éstas confieren a la sensación y a la percepción un significado agradable o desagradable, definido como *tono afectivo* o *emotivo*. En otras palabras: las formas, luces, colores y sonidos que impresionan

continúa en pág. 44 →







DOS IMPULSOS, 1000 RESPUESTAS
El llanto, la risa, la alegría y la ira, así como el resto de comportamientos de tipo emotivo, están determinados por dos impulsos: la búsqueda del placer y la huida de lo desagradable.

los sentidos producen unas sensaciones de placer o desagrado que no son iguales para todos los individuos.
El tono afectivo es fundamental para determinar el comportamiento, de acuerdo con la norma 'búsqueda del placer-huida del desagrado'. También el altruismo se caracteriza por una búsqueda de placer, aunque a primera vista parezca contradecir este concepto. Por ejemplo, la obra humanitaria que desarrolló la Madre Teresa parece un gran sacrificio, no una búsqueda del placer. Sin embargo, subjetivamente, quien hace el bien no considera sus actos como sacrificios, sino como una intensa gratificación obtenida al prestar ayuda a los demás. Es importante subrayar que lo que produce placer (o desagrado) varía de un individuo a otro: hay quien experimenta placer haciendo el bien, otros haciendo el mal (sadismo); hay quien halla placer leyendo un libro, contemplando un cuadro o examinando teorías científicas, y quien lo experimenta no haciendo absolutamente nada durante todo el día.

Los sentimientos se dan en el estrato cerebral llamado paleomamífero

▶ Diferentes unos de otros

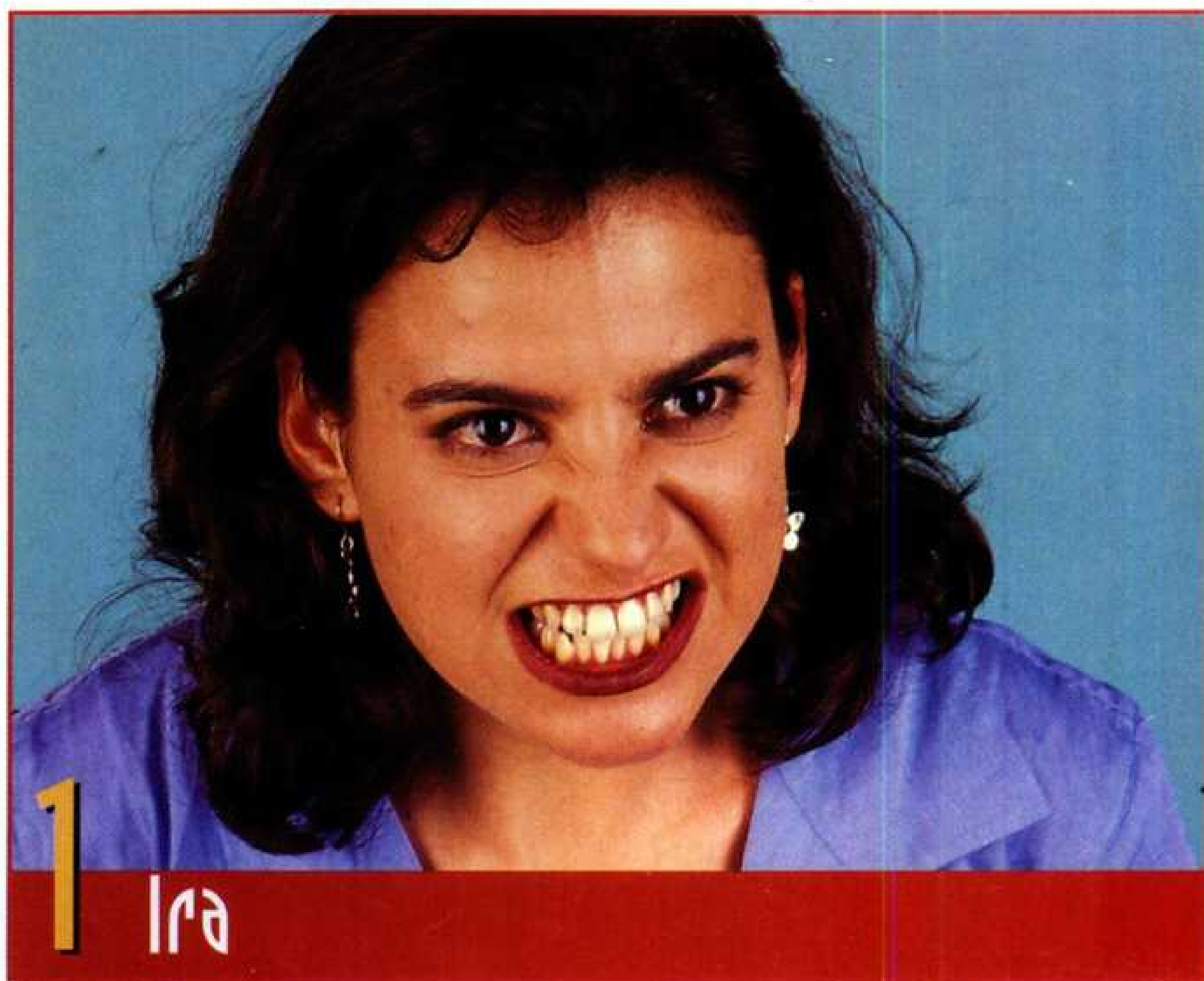
Lo que cuenta, pues, es la sensación de placer, no la situación y las circunstancias que la producen. Los comportamientos humanos se diferencian precisamente en esto: una situación puede producir placer en un individuo y desagrado en otro, por lo que el primero la buscará y el segundo intentará evitarla.
Cuando una emoción agradable viene provocada por circunstancias anormales, la búsqueda del placer desemboca en la psicopatología. El pedófilo busca la relación sexual con niños porque experimenta con ello un inmenso placer. El pirómano quema los bosques por esa misma razón. El cleptómano roba porque el apropiarse de lo ajeno le proporciona una intensa gratificación.

▶ Un placer anormal

Es básico comprender, aun sin justificar estos actos, que son debidos a una desenfrenada y anormal búsqueda del placer. Igualmente, la huida de lo desagradable es fundamental en psicopatología. Por ejemplo, en la fobia social el individuo es invadido por un dramático sentimiento de miedo, ansiedad y angustia cuando está en público. La sensación de ser mirado y criticado lo aleja de todas aquellas situaciones en que haya muchas personas. En este caso, el comportamiento del individuo no se basa en la búsqueda del placer, sino en la huida de lo que le desagrada. Pero, ¿por qué el placer o el desagrado son provocados por situaciones tan diversas en individuos tan diferentes? Los factores genéticos y ambientales juegan un papel primordial. A menudo, el individuo se encuentra ante sus propias emociones sin darse cuenta, sin haber tenido la posibilidad de ejercer un control sobre el patrimonio genético y ambiental en que vive. Los comportamientos que llevan a un individuo a buscar el placer y evitar el desagrado derivan de sus cromosomas y de los factores ambientales con los que entra en contacto día a día durante su crecimiento.



2 Felicidad



1 Ira

LA DOPAMINA, CULPABLE
En un experimento con ratones, verificado luego en el hombre, se ha descubierto que, estimulando con unos electrodos algunos puntos del sistema límbico, se obtiene una gama de estados emotivos producidos por la liberación de una sustancia química, la dopamina, en la región llamada *núcleo accumbens*.

El responsable de todo esto es nuestro cerebro. En 1954, dos científicos americanos hicieron un importante descubrimiento. Cogieron una rata y le implantaron un electrodo en una zona del cerebro llamada sistema límbico, de forma que el animal podía autoestimularse mediante un botón. Las ratas que se hallan en estas condiciones no comen, no beben y no duermen porque la estimulación del propio cerebro les proporciona un placer muy intenso. Este fenómeno, llamado *autoestimulación intracraneal*, ha dado origen al concepto de los centros del placer.

continúa en pág. 46 →





CEREBRO NEOMAMÍFERO

CEREBRO PALEOMAMÍFERO

NÚCLEO ACCUMBENS

1 2 3 4

AMÍGDALA

BULBO RAQUÍDEO

CEREBELO

CEREBRO PROTO-REPTIL

Más tarde, este experimento fue confirmado en el hombre. Es posible aplicarlo durante una intervención de neurocirugía, ya que el cerebro no tiene receptores del dolor y el paciente puede estar despierto y sólo con anestesia local. Este procedimiento sirve para identificar una lesión, por ejemplo un tumor, en las partes más profundas del cerebro. Sondeando y estimulando todo el sistema límbico, es posible obtener una amplia gama de estados emotivos, agradables o desagradables. Algunos pacientes se comportan como la rata que se autoestimula, experimentando sensaciones de éxtasis, tranquilidad, paz y, a veces, de orgasmo reiterado.

▸ Estimulación artificial

Estos pacientes tienen un botón en la mano y lo pulsan repetidamente para experimentar estas sensaciones. Un joven estimulado de esta forma, dijo: «Me agrada inmensamente. Reténganme aquí cuanto quieran». Otro paciente experimentó un intenso orgasmo con la primera estimulación, cogió el pulsador y trató de volver a experimentar la misma sensación. Estos agradables efectos son posibles gracias a la mediación de sustancias neurotransmisoras que se liberan mediante órdenes dadas por endorfinas. La dopamina, que se almacena en el *núcleo accumbens,* facilita que esta endorfina se transmita al núcleo cerebral, produciendo la aparición de sensaciones agradables, de pánico, estrés...

La estimulación de los centros del placer se puede obtener también a base de fármacos y estupefacientes. Quien consume drogas busca, generalmente, experimentar placer. Apretar repetidamente el pulsador o consumir de forma reiterada una droga no es algo muy diferente. Lo único que cambia es el método con el que se activan los centros del placer: con fármacos o por estimulación eléctrica.

El conocimiento de estas zonas cerebrales tiene una importancia fundamental para comprender cuáles son los mecanismos de la dependencia a determinadas drogas. Por ejemplo, recientemente se ha llevado a cabo un estudio sobre las regiones cerebrales donde una droga blanda (marihuana) y una droga dura (heroína) actúan. Este estudio ha demostrado que tanto la marihuana como la heroína actúan sobre los mismos receptores de las células nerviosas del *núcleo accumbens,* liberando dopamina, igual que sucede en la estimulación intracraneal. Comprobar que la marihuana y la heroína actúan sobre las mismas zonas del cerebro es importante, ya que probablemente representa el sustrato químico del mecanismo que determina el paso del consumo de drogas blandas a duras.

Los centros de placer del cerebro podrían explicar la adicción a las drogas

▸ El camino evolutivo

En 1970, el investigador MacLean defendió que, a lo largo de la evolución, se han ido añadiendo nuevos estratos en el cerebro, desde el animal más simple al hombre. Partiendo de un pequeño cerebro *proto-reptil,* capaz solamente de comportamientos estereotipados e innatos, el cerebro adquirió un nuevo estrato, el *paleomamífero,* que representa el primer paso para el desarrollo de la naturaleza consciente. Es entonces cuando aparecen las emociones y sensaciones, tanto agradables como desagradables. La posterior estratificación da lugar al cerebro *neomamífero,* capaz de desarrollar habilidades y conceptos.

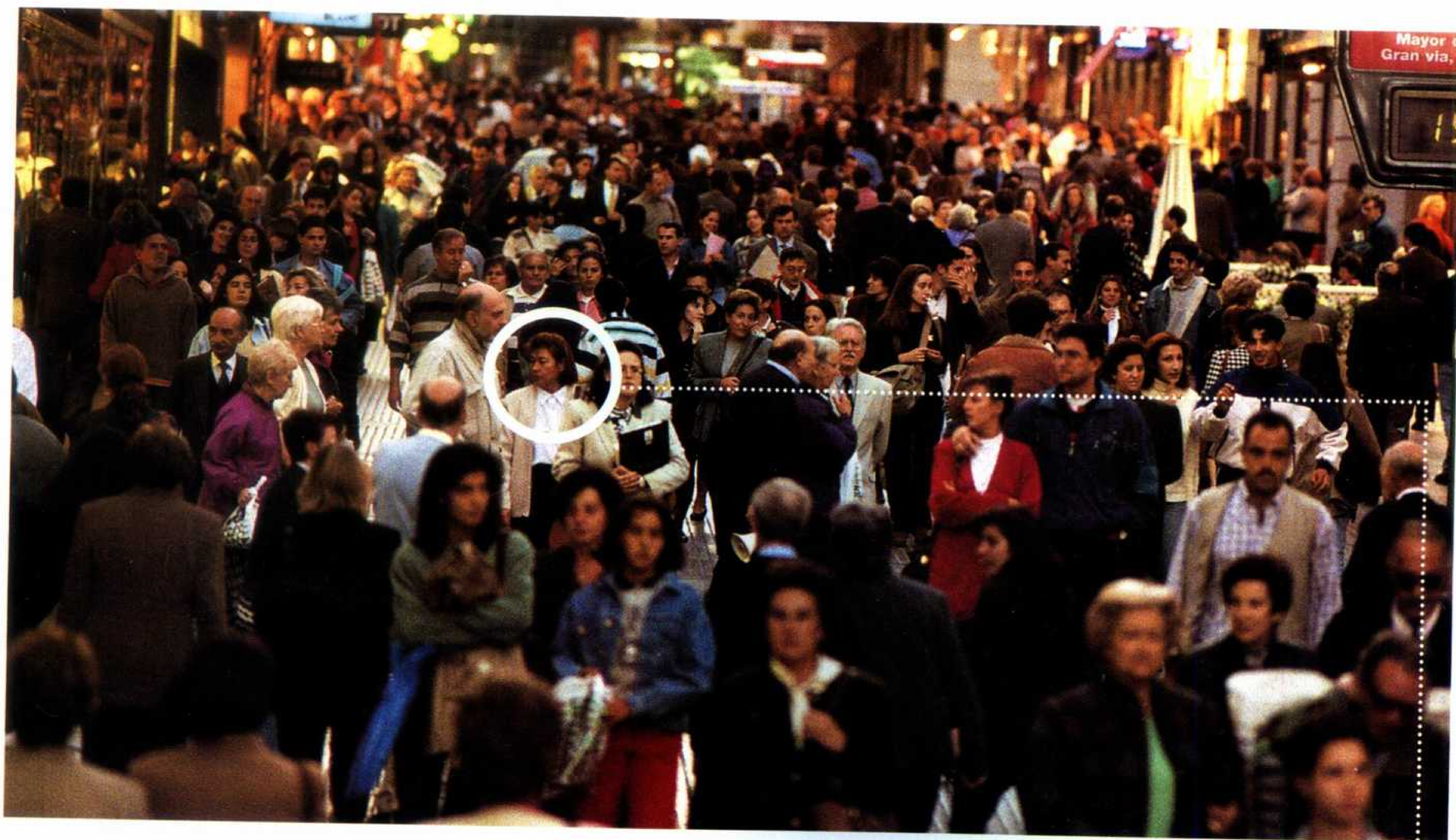
El cerebro *neomamífero* es el responsable de nuestra racionalidad, mientras que en el *paleomamífero* se producen las emociones. El *neomamífero* actúa como control del estrato *paleomamífero,* es decir, nuestra racionalidad es capaz de controlar e inhibir aquellos comportamientos que sólo se basan en el placer o en la huida de lo desagradable. Cuando no sucede así, pueden darse comportamientos anormales, no controlados por la racionalidad del cerebro *neomamífero,* unos comportamientos cuyo fin consiste en la búsqueda desenfrenada del placer o bien en el alejamiento de lo que produce desagrado. La instauración de un comportamiento anormal adquiere una gran importancia, ya que se relaciona con las tendencias criminales de los individuos. Por ejemplo, en un reciente estudio sobre sujetos que habían cometido un homicidio o provocado un incendio, se observó que aquéllos que presentaban bajas cantidades de *serotonina* (sustancia presente en gran cantidad en el sistema límbico) tenían una mayor probabilidad de cometer crímenes en los tres años siguientes. El índice de autenticidad para evaluar las tendencias criminales a través de la *serotonina* tiene una precisión de aproximadamente un 84%, lo que ha hecho que algunos propongan la introducción de esta prueba en medicina legal.

Una de las estructuras nerviosas fundamentales del sistema límbico o, si se prefiere,



HUIDA EN LA NOCHE En situaciones de peligro, como la de la imagen, entra en funcionamiento la amígdala, una de las estructuras nerviosas más importantes del cerebro, que altera algunas partes del cuerpo para situarlo en las condiciones idóneas para huir o para luchar.

continúa en pág. 48 →



del cerebro *paleomamífero*, es la amígdala. Es notorio el caso de una joven que, teniendo una función alterada de la amígdala, sufría repentinos aumentos de la actividad eléctrica de las células nerviosas, siempre asociados a ataques de violencia incontrolada. Durante estos ataques, la joven se abalanzaba sobre la primera persona que veía y la golpeaba violentamente con puñetazos, patadas y todo lo que encontraba a su alcance. Tras haber solicitado el permiso correspondiente a sus padres, se decidió destruir la amígdala a través de una intervención quirúrgica. Los ataques desaparecieron totalmente y la joven pudo llevar una vida normal.

No se trata de un caso único. A partir de esta experiencia, se han llevado a cabo con éxito intervenciones quirúrgicas del mismo tipo. La amígdala juega un papel esencial en los estados emotivos, por ejemplo, su actividad aumenta cuando un individuo observa imágenes desagradables. También es importante en el miedo, en el que, además de la sensación subjetiva, aparecen numerosas modificaciones en todo el organismo del individuo que lo siente, destinadas a prepararlo para la reacción, llamada *fight or flight* (lucha o huida).

Emoción y razón han guiado las estrategias de supervivencia del hombre

Al fin salvados

Tomemos como ejemplo el caso de una persona que camina durante la noche por una callejuela oscura. La visión de un individuo que se aproxima con aspecto sospechoso genera una reacción de ansiedad que tiene como fin el prepararlo para un enfrentamiento o para huir. En ambos casos, el organismo debe hallarse en las mejores condiciones, tanto para luchar enérgicamente como para correr velozmente. La amígdala sirve precisamente para este fin: hace latir el corazón de forma más fuerte y rápida para aportar más sangre y oxígeno a los músculos; cierra el estómago y el intestino para ahorrar energías (durante la lucha o la huida los procesos digestivos no son importantes); dilata los bronquios y los pulmones para acoger más oxígeno... El resultado de todo ello es doble: el individuo experimenta miedo, pero también está preparado para afrontar el peligro.

El comportamiento guiado de las emociones tiene un significado evolutivo muy preciso: la supervivencia del individuo y de la especie. Mientras en el animal el comportamiento emotivo juega un papel principal, en el hombre las capacidades racionales han superado en gran medida a las reacciones emotivas. La combinación de emotividad por una parte y de raciocinio y consciencia por otra, ha permitido llegar a alcanzar refinadas estrategias de supervivencia, que se observan únicamente en la especie humana.

FUERA DE LA MULTITUD
Encontrarse entre gente desencadena una gran ansiedad (que a veces llega a la patología) en algunos individuos que actúan bajo el impulso irresistible de evitar lo desagradable.

**Piergiorgio Strata es Profesor de Neurofisiología y Fabrizio Benedetti es Profesor de Biofísica en la Universidad de Turín.*

YA ES POSIBLE RECIBIR INTERNET por el televisor. Mediante una cajita que se enchufa a la tele, se puede navegar por la Red y utilizar el correo electrónico con un mando a distancia. Argentaria ha empezado a comercializar estas cajitas en nuestro país. Y pronto lo harán otras empresas.

SECCIÓN COORDINADA POR ALBERTO DE LAS FUENTES

Los infrarrojos acaban con los líos de cables

Cada vez hay más cosas que enchufar al cuerpo de nuestro ordenador: teclado, ratón, pantalla, módem, impresora, altavoces, cámara de videoconferencia y *joystick* entre otras cosas. Tantas, que últimamente las mesas de trabajo se estaban convirtiendo en un lío de cables. La tecnología de transmisión de datos por rayos infrarrojos puede ser una solución a este problema. Philips es una de las primeras empresas en lanzar una colección completa de periféricos con un dispositivo de este tipo. Ya hay altavoces, ratones, teclados o *joysticks* que se pueden manejar libremente hasta seis metros de distancia. Para que funcionen, al ordenador se le enchufa un solo receptor de infrarrojos, del tamaño de una cajetilla de tabaco.





Tres en uno

Durante largo tiempo se ha esperado que el DVD hiciera con el vídeo lo mismo que el compact disc hizo con el vinilo: eliminarlo gracias a su superior calidad de imagen y sonido. Pero nada de esto ha ocurrido todavía. Para empezar, apenas hay películas en el nuevo formato. Y aunque el tamaño de un disco de DVD es el mismo de un CD, los aparatos no reproducen estos últimos, lo que impide que se pueda escuchar toda la música que uno tiene en casa. Ahora, Pioneer ha lanzado un reproductor compatible para Láser Disc, Compact Disc y DVD. Con él, mientras espera a que la oferta de películas vaya creciendo, sus compactos sonarán con una calidad de cine. El DVL–909 cuesta 200.000 pesetas, IVA incluido, y ya se encuentra disponible en las tiendas españolas.

El reloj que sirve de teléfono

La nueva obsesión-revolución de nuestros días es la de estar permanentemente comunicados, tanto nosotros como nuestros ordenadores. Una prueba más de este interés es el Swatch Talk, un reloj de la llamativa marca suiza que lleva el teléfono incorporado. Parece ciencia ficción, pero funciona. Este producto le evitará ir cargado con el móvil y estar pendiente de no olvidárselo en cualquier sitio. Eso sí, deberá acostumbrarse a que la gente le mire con extrañeza cuando le vea hablando con su reloj de pulsera. De momento, se trata de un prototipo y aún no se sabe si el Swatch Talk entrará en producción.



Sustituya su ordenador por un inalámbrico

¿Quién ha dicho que para usar Internet es necesario un ordenador? Los fabricantes de teléfonos están empeñados en demostrar lo contrario. Este terminal de Siemens sirve para charlar con el familiar o con la vecina. El aparato se puede mover cómodamente por toda la casa, ya que es un inalámbrico. Además permite enviar y recibir correo electrónico y *faxes* y navegar por la Red. También incorpora un dispositivo lector de tarjetas inteligentes para realizar pagos de comercio electrónico. Se puede enchufar a una impresora y a un ordenador normal y cuenta con un teclado extensible para facilitar la navegación por Internet. Siemens planea lanzar este teléfono acoplable a Internet después del verano en toda Europa. Aún no está decidido su precio.





El ritmo de la naturaleza

Migran, duermen, se reproducen... en el momento exacto. Los animales y las plantas han desarrollado una gran capacidad de adaptación y de previsión en la proximidad de los cambios de estación, que se ha convertido en uno de los fenómenos más fascinantes de la naturaleza

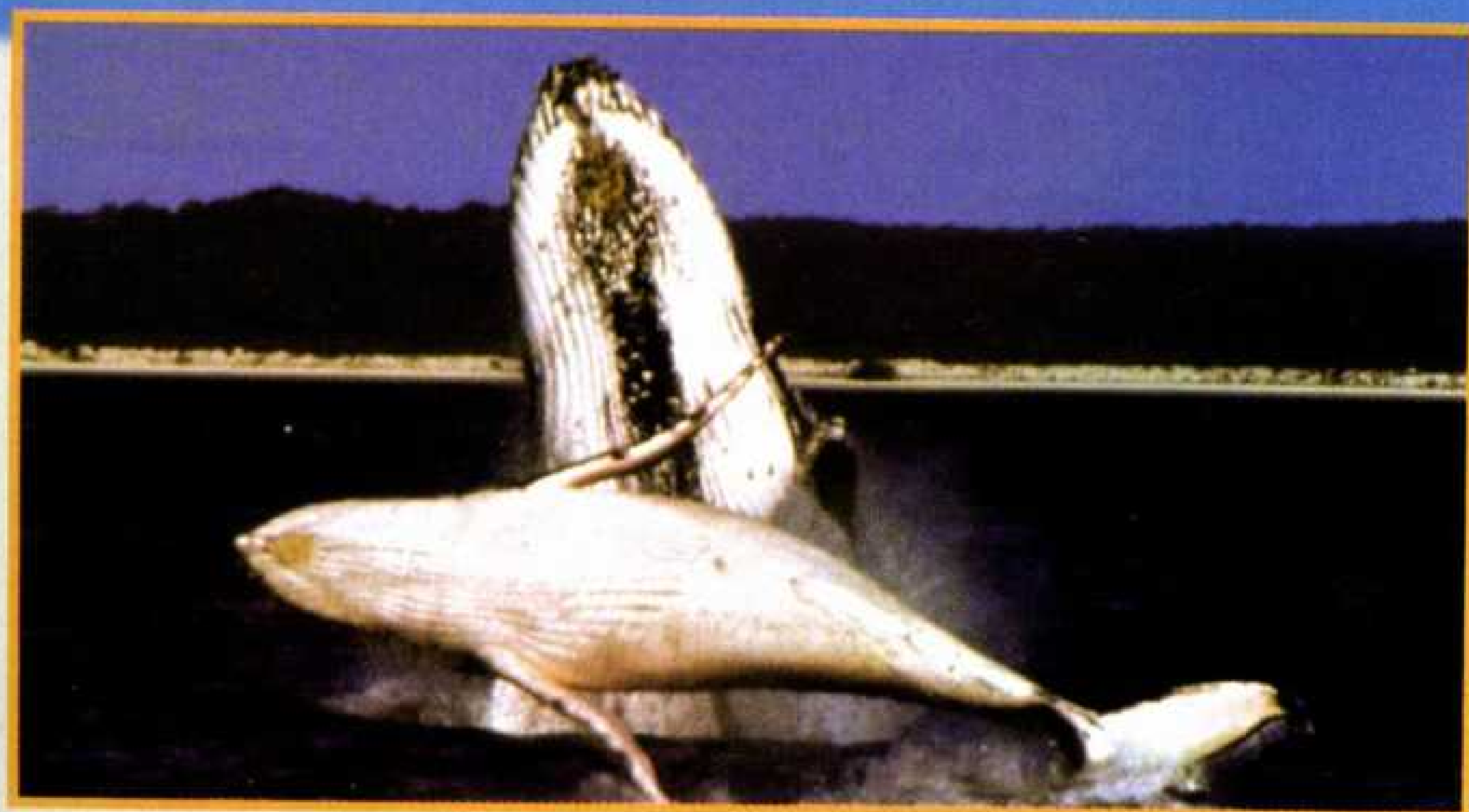
POR MARIA CRISTINA VALSECCHI Y LORENA RUANO

Entre los caprichos del tiempo y los efectos de 'El Niño', los últimos inviernos han sido insólitamente cálidos, en contraste con las frías primaveras y templados veranos. La naturaleza ha sido cogida por sorpresa, las flores han brotado antes de tiempo, teniendo que vérselas con las heladas, y las golondrinas, en su viaje de regreso, se han encontrado con serios contratiempos climatológicos. Pero todo esto no ha sido sino un caso excepcional.

Por lo general, los animales y las plantas son muy hábiles para reconocer los cambios de estación y del tiempo, saben escoger el periodo más adecuado para reproducirse, para aletargarse o para emigrar hacia zonas más cálidas. La capacidad de los organismos vivos para establecer un contacto con el ambiente y adaptar sus propios ritmos vitales a la sucesión de luz y de oscuridad, del calor y del frío, es uno de los fenómenos más fascinantes de la naturaleza.

Para el profesor Juan Carlos Fontanilla, biólogo y doctor en Veterinaria, «la adaptación a los ciclos biológicos de los animales tiene su origen en la selección natural. Es decir, a medida que los individuos de una misma especie encuentran beneficios para su supervivencia, esta recompensa repercute tam-

continúa en pág. 54



OTRO INVIERNO, OTRO MAR
También el ambiente marino percibe las variaciones estacionales. Muchas especies de ballenas dejan los fríos mares polares y se trasladan durante el invierno a las aguas tropicales.



YA ES PRIMAVERA...
Una abeja sobre una flor significa, desde siempre, un símbolo del despertar de la naturaleza en primavera. La disponibilidad de alimento es uno de los factores más importantes para la reproducción.



UNA CASA PARA EL VERANO
El llamativo martín pescador espera hasta la llegada de la estación seca para nidificar a lo largo de los márgenes de los ríos, cuando éstos se encuentran más escasos de agua.

LLEGÓ EL OTOÑO, BUENAS NOCHES
El reloj biológico de las ardillas las empuja a ingerir grandes cantidades de alimento antes de entrar en letargo con lallegada del otoño.



bién en sus descendientes». Por este motivo, el transcurso de la evolución ha favorecido que los individuos concentren determinadas actividades en el periodo del año en el que la posibilidad de éxito es mayor. Las condiciones ambientales que han hecho necesaria la adaptación se definen como 'factores últimos', y dentro de éstos, el más importante para los fines reproductores es la disponibilidad de alimento. «La reproducción está considerada como un lujo», añade el profesor Fontanilla. «Si no se dan las condiciones adecuadas que aseguren la supervivencia de la especie, los animales dejan de reproducirse. Sin estas condiciones, no sólo no se puede asegurar la supervivencia de las crías, sino que tampoco se puede asegurar la de los propios progenitores, ya que el acto de reproducirse supone un desgaste energético que les podría costar su propia vida. Por este motivo, prima la conservación de la propia especie sobre la reproducción».



CUANDO LA MANADA TIENE HAMBRE. Los bisontes son animales que migran en una continua busca de alimento. Se trata de un instinto innato, no de un comportamiento adquirido.

Entre las aves, otro factor determinante para la puesta de los huevos es la posibilidad de preparar un nido acogedor. Claro ejemplo de esto es el martín pescador africano que excava su nido en los márgenes de los ríos. Para hacerlo debe esperar al final de la estación seca, cuando los márgenes del río están libres de agua. Pero ¿qué factores indican a los animales la llegada del momento más adecuado para reproducirse o para emigrar? La mayor duración del fotoperiodo, es decir, el aumento de las horas de luz diarias, y el cambio de temperatura reciben el nombre de 'factores primeros', y avisan a los animales de que ha llegado la hora de prepararse. Pero para el profesor Fontanilla «además de los factores ambientales también predomina la cuestión alimenticia. En el caso de las cigüeñas los factores ambientales, que son los que determinan su proceso de migración, están cediendo terreno a la posibilidad de obtener alimento. Les resulta más beneficioso pasar algo más de frío a cambio de conseguir comida más fácilmente».

La eterna noche de los topos

• **No todos los** animales están expuestos a los cambios climáticos y a la alternancia de los días y las noches. Existen cerca de 140 especies de mamíferos subterráneos, en su mayoría insectívoros, roedores y marsupiales. Viven casi todo el tiempo bajo tierra y sus características son similares: cuerpo rechoncho y cilíndrico, sin pabellones auditivos externos, ojos pequeños y cubiertos de piel y pelo, un ligero indicio de cola y unas cerdas sensitivas en el hocico y en las patas. Su ambiente es uniforme, ausente de luz y con temperatura y humedad constantes. Los individuos de la misma especie tienen que estar sincronizados entre sí para poder reproducirse, pero la oscuridad continua y un aparato visual atrofiado obligan a desechar los estímulos luminosos como método de sincronización. La etóloga Anna Loy de la universidad de la Sapienza de Roma ha realizado un estudio para observar los hábitos de estos mamíferos. «Hemos colocado localizadores en algunos topos para seguir sus movimientos bajo tierra. De esta manera hemos comprobado que los topos son activos tanto de noche como de día y alternan, de modo regular, breves períodos de actividad y de reposo durante las 24 horas, coincidiendo este ritmo en todos los ejemplares. Factores como las variaciones de temperatura y las raras relaciones sociales entre ellos, contribuyen a sincronizarlos, pero mantenemos que la luz representa el factor regulador más importante. El aparato visual de los topos es reducido, pero no inexistente y hemos notado que los períodos de actividad son más frecuentes durante el día que de noche».



NO VE, PERO 'SIENTE". Los mamíferos subterráneos no están expuestos a los cambios climáticos, pero también alternan su actividad siguiendo ritmos precisos.

El ciclo circadiano

En el ambiente marino también se perciben las variaciones del fotoperiodo. La ballena azul (*Balaenoptera musculus*) vive durante el verano en los mares fríos próximos al Polo Norte, donde las aguas son ricas en plancton y gambas. Cuando los días se acortan, se traslada al sur, hasta alcanzar

continúa en pág. 56

los mares tropicales, donde las hembras paren y amamantan a las crías.

Muchos comportamientos y procesos fisiológicos, como la producción de hormonas sexuales, la muda y la construcción del nido, tienen un ritmo anual ligado a la sucesión de los días, pero muchos otros tienen un ritmo diario, como la alternancia de los periodos de actividad y reposo, o el consumo de agua y de alimento. También en este caso, la aparición de este ritmo se debe a la adaptación en el transcurso de la evolución. Las corolas de las flores del baobab, por ejemplo, se abren sólo por la noche, porque los únicos animales capaces de polinizarlas son los murciélagos pteropodidos, dotados de un morro largo y con forma de huso, que comienzan su actividad con la llegada de la noche.

Oscuridad-luz, calor-frío: animales y plantas saben cómo afrontarlos

La selección natural ha proporcionado a los animales y las plantas un reloj interno que modifica su ciclo en función de las horas de luz y las de oscuridad. Los ciclos estacionales y diarios son endó-

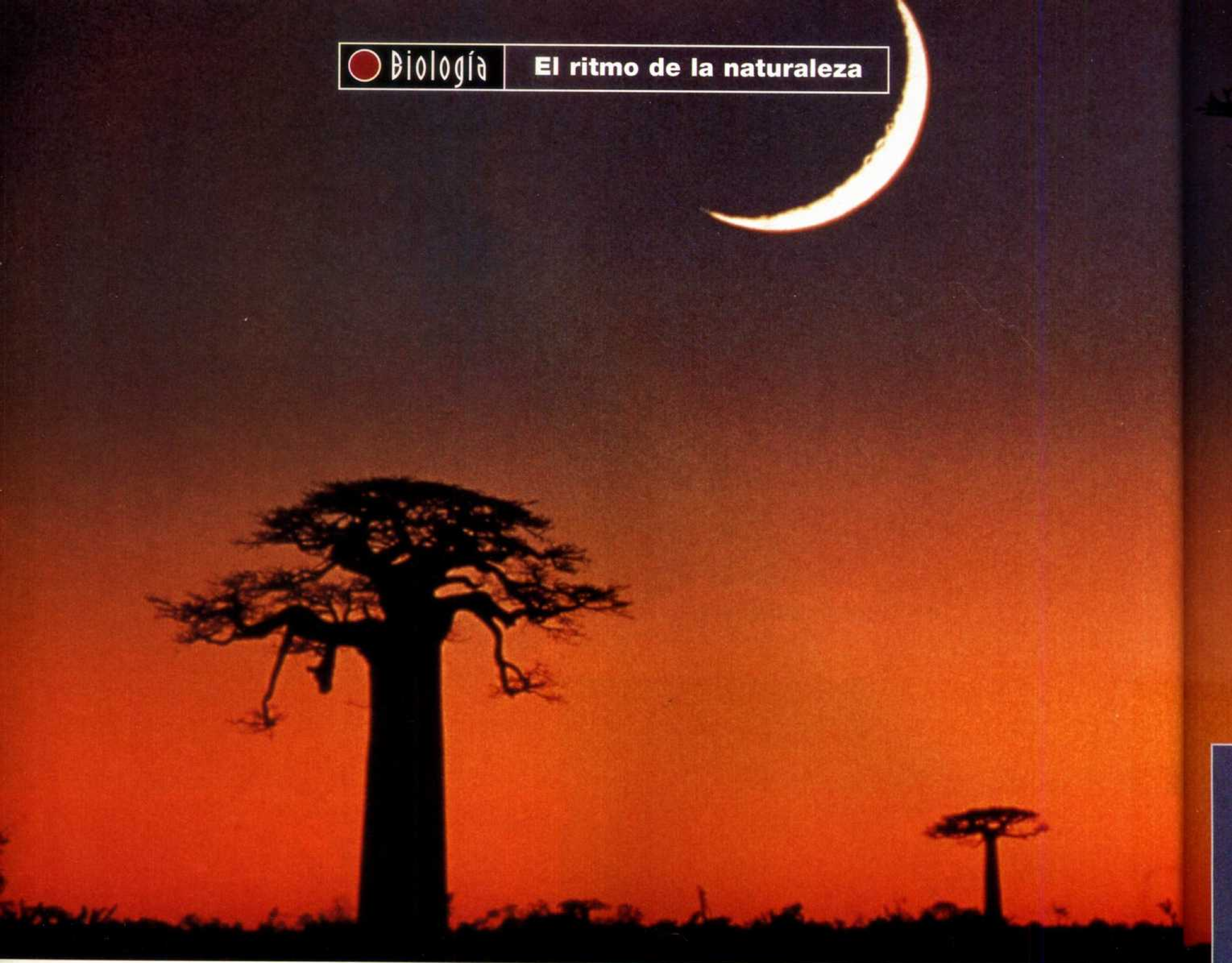
continúa en pág. 58 →



LOS RENOS TAMBIÉN EMIGRAN. Cuando la estación lo permite, los renos de Alaska y de Canadá viven y se alimentan en la tundra. Después se trasladan hacia los bosques boreales.

RITMOS BIOLÓGICOS Y ORIENTACIÓN. La migración es uno de los fenómenos periódicos más vistosos del reino animal. Afecta a muchas especies de aves, reptiles, mamíferos e insectos, como las langostas norteafricanas que aparecen en la foto. Los estudios con animales nacidos en cautividad han demostrado que el sentido de orientación existe desde el nacimiento.





genos y reciben el nombre de circadianos y circanuales. El término circadiano proviene del latín *circa* (casi) y *dies* (día) y se asigna a fenómenos biológicos o bioquímicos que se suceden con una frecuencia casi diaria. Mientras que por ciclo circanual entendemos el ciclo vital completo que se sucede en un periodo de aproximadamente un año.

Los primeros experimentos sobre ambos ciclos se remontan a los años 70, pero actualmente se está investigando mucho sobre ellos en nuestro país, especialmente para lograr aumentar la frecuencia de los periodos de reproducción.

Según el profesor Fontanilla «el hombre puede determinar el ciclo de los animales que viven en cautividad, de hecho ésta es una práctica muy utilizada sobre todo en los peces para lograr que se reproduzcan con más frecuencia». Sin embargo la adaptación a los nuevos ciclos circadiano y circanual no resulta fácil.

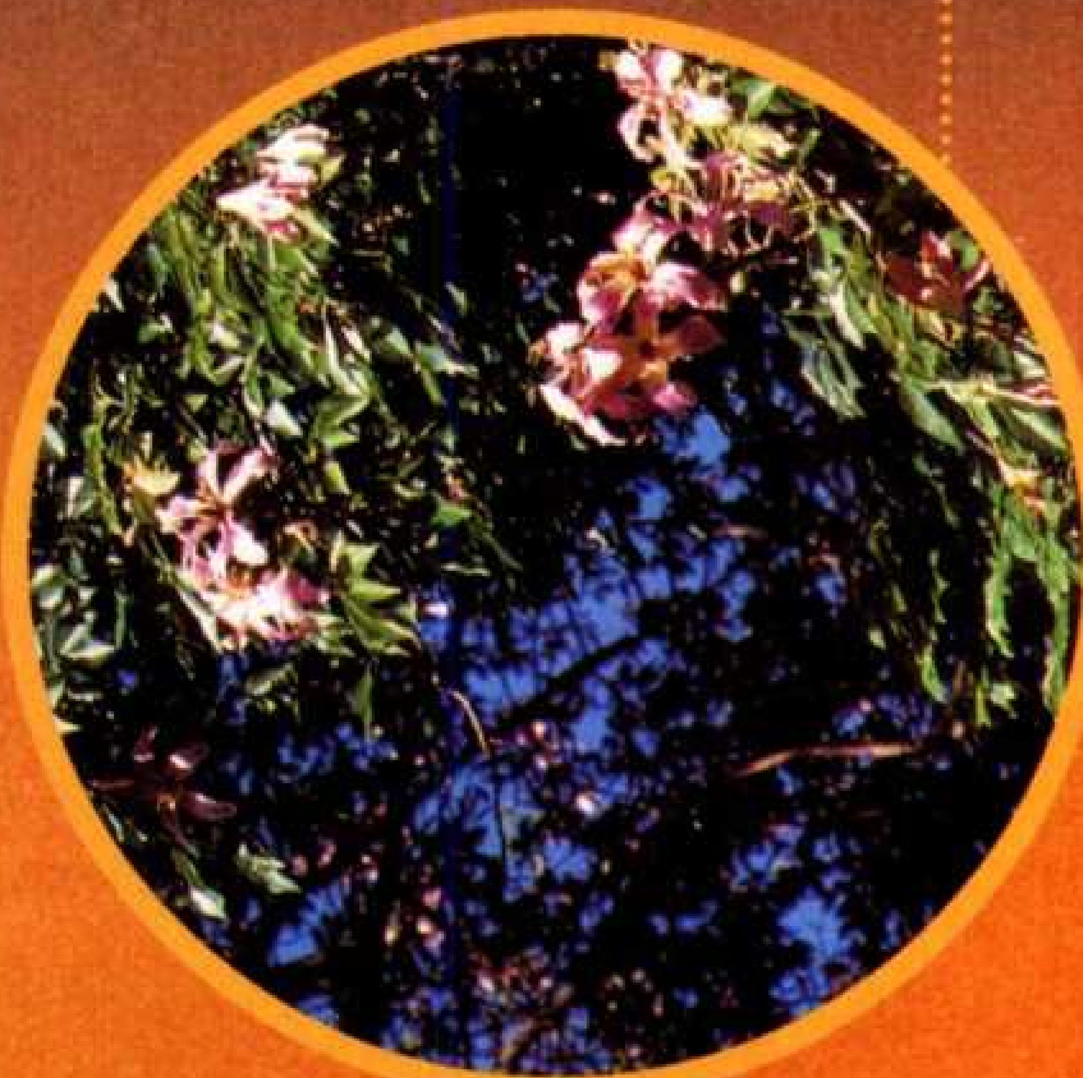
Los biólogos buscan el gen responsable del ritmo circadiano

Los animales que nacen en libertad y que pasan a vivir en cautividad necesitan un cierto tiempo de adaptación a los nuevos ciclos determinados por el hombre. Pero a medida que pasa el tiempo estos animales irán borrando de su *memoria* los ritmos vitales que tenían cuando vivían en libertad e irán adaptándose a los nuevos.

Sin embargo, el ritmo en el comportamiento de los animales no es adquirido, sino innato y forma parte de su patrimonio genético. Prueba de ello es el comportamiento de las aves nacidas en cautividad en condiciones ambientales constantes, que jamás han conocido las distintas estaciones y que, sin embargo, en el periodo de la migración manifiestan la llamada 'inquietud migratoria' y vuelan incansablemente dentro de la jaula.

Con el fin de averiguar a qué se deben estos comportamientos, los expertos han estudiado el funcionamiento a escala molecular del reloj interno de insectos, mohos, plantas, anfibios y, más recientemente, también el de los mamíferos y el del hombre. En el ADN de la *drosophila melanogaster*, la mosca de la fruta, los investigadores han identificado algunos de los genes responsables del ritmo circadiano. Manipulando estos genes, han producido ejemplares que presentan ciclos más largos o más breves que los naturales, o incluso ejemplares carentes de comportamiento rítmico.

BELLO DE NOCHE El baobab es un ejemplo de cómo el reino vegetal se ha adaptado al medio ambiente para sobrevivir. Sus flores se abren sólo de noche ya que el único animal que puede polinizarlas es un murciélago noctámbulo.





TAMBIÉN LOS 'PRISIONEROS' QUIEREN MARCHARSE. Cuando las aves entran en el período migratorio, los ejemplares enjaulados se muestran inquietos. Los investigadores han estudiado la dirección de sus movimientos descubriendo que es la misma que la que toman las aves en libertad.

Uno de los genes-reloj aislados en el ADN de la *drosophila* es el gen Period, responsable de la producción de la proteína del mismo nombre. La proteína Period tiene la capacidad de bloquear el proceso de copia de su gen. De este modo, cuando la concentración de proteína en el organismo supera un cierto umbral, ella misma desactiva el gen e interrumpe la propia producción. Tiempo después, cuando la concentración ha disminuido, los genes Period vuelven a la actividad normal y comienzan a producir proteína. El ciclo se repite con una frecuencia circadiana y esto es lo que activa las otras funciones rítmicas del organismo, porque la proteína Period controla diferentes genes de la *drosophila.* Genes análogos al Period han sido aislados también en el ADN del ratón y en el del ser humano.

Sincronizando el reloj

La mayor parte de los organismos están dotados de un reloj interno que determina los ciclos circadiano y circanuales. Cuando el organismo entra en contacto con un estímulo ambiental, el reloj se sincroniza con el ritmo externo. Un *mesocricetus*, una especie de hamster americano, fue retenido varios días en un laboratorio a oscuras. Más tarde se le expuso una hora a la luz, en el tiempo que, según su ritmo,

continúa en pág. 60 →

era de noche. El animal recibió el estímulo 'ahora hay luz' por lo que entró en actividad demasiado pronto. Al día siguiente, el animal empezó su actividad una hora más tarde. Es precisamente el hecho de tener un ciclo endógeno más largo o más breve de 24 horas, lo que permite a los animales percibir las variaciones ambientales y mantenerse sincronizados con la hora local.
Si el ciclo fuese de 24 horas exactas, el organismo sería incapaz de adaptarse a las variaciones que se producen en la duración del día y de la noche a lo largo del año. Por lo tanto, el ritmo circadiano no es una imprecisión de la naturaleza, sino un potente instrumento de adaptación.
La sincronización del reloj interno con el ritmo externo se debe sobre todo al estímulo luminoso. En los vertebrados están presentes dos clases diferentes de fotorreceptores: los visuales, que perciben las formas, los colores y el movimiento, y los no visuales, que perciben solamente la luminosidad.
Estos dos tipos de receptores se localizan en la retina de los mamíferos mientras que en los reptiles, por el contrario, los no visuales se encuentran también en el ojo parietal, una estructura del sistema nervioso central. El estímulo luminoso captado por los fotorreceptores no visuales se transmite a la glándula pineal que produce la melatonina. La melatonina a su vez, actúa en el hipotálamo y en el resto del organismo comunicando la alternancia entre el día y la noche. 

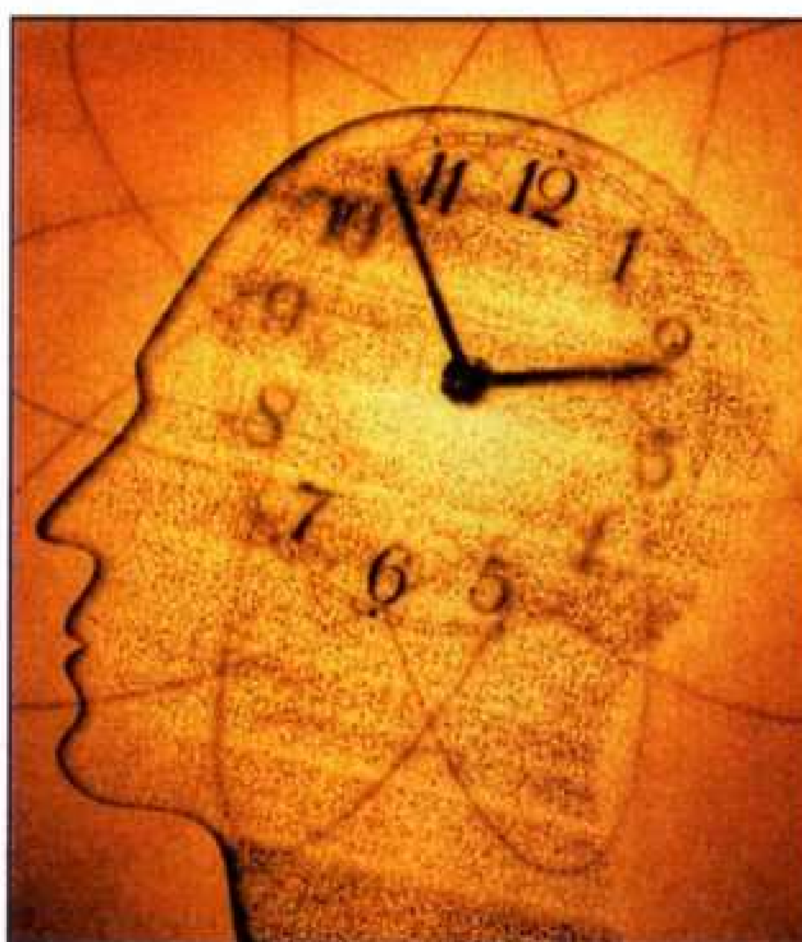


LA FUENTE GENÉTICA. En el ADN de la *Drosophila,* o mosca de la fruta, se han identificado los genes responsables del ritmo circadiano. Después, también se han aislado en el hombre.

efecto melatonina

Mito y realidad de una hormona 'milagrosa'

• El funcionamiento del reloj interno de los vertebrados depende de la acción de una hormona producida por la glándula pineal: la melatonina. Aunque fue descubierta en 1958, no se le dió importancia hasta comienzos de los años 80, cuando algunos científicos demostraron su influencia en el funcionamiento del sistema circadiano. La melatonina se sintetiza por la noche. Durante este período, su nivel de concentración en el organismo es alto, reduciéndose durante el día. Además, su secreción varía a lo largo del año, según los cambios de luz. Por este motivo, los investigadores creen que esta hormona es el vehículo neuro-endocrino mediante el cual el sistema nervioso central comunica al resto del organismo la alternancia del día con la noche. A raíz de la publicación de dos libros, en el verano de 1995, comenzaron a difundirse otros efectos *milagrosos* de la melatonina en la cura del insomnio, del cáncer, del envejecimiento y del SIDA. En una de las obras se definía a la melatonina como «el sistema natural para dormir mejor, disfrutar más del sexo, estar más sano y alargar la vida». La prensa mundial difundió esta tesis aumentando de manera desmesurada las ventas de los suplementos alimenticios basados en esta hormona. Sin embargo, en los ambientes científicos prevalecen las opiniones críticas acerca de las 'excepcionales' propiedades del compuesto, considerando el despliegue propagandístico como una maniobra comercial basada en investigaciones incompletas. Según Gianluca Tosini, del National Science Foundation Center for Biological Timing de la Universidad de Virginia: «Lo único cierto es que la melatonina está relacionada con la regulación del ritmo sueño-vigilia, y su ingestión tiene la capacidad de alterar el reloj biológico. Algunas veces se suministra para aliviar ligeramente el trastorno que afecta a las personas que viajan a lugares con diferente horario». Y añade: «No tenemos ninguna evidencia científica que demuestre los efectos beneficiosos de esta hormona en el tratamiento de la depresión, de las cardiopatías y del cáncer. Además, desconocemos cómo afecta su ingestión al organismo a largo plazo».



TIC-TAC QUÍMICO
La melatonina es la sustancia que se cree que utiliza el sistema nervioso central para comunicar al resto del cuerpo la alternancia entre el día y la noche.

El ordenador de piedra

Templo de antiguos sacerdotes, construcción mágica del mago Merlín, edificación de los extraterrestres... Existen miles de hipótesis sobre el origen del monumento megalítico más famoso del mundo. La más creíble indica que se trataba de un sofisticado observatorio astronómico. Así es como funcionaba

POR FLAVIA CAROPPO

Viajar a través del tiempo y descubrir los secretos de los pueblos más antiguos es el sueño de muchas personas. ¿Un deseo inalcanzable? No del todo, para cumplirlo basta con un par de horas de vuelo con destino Londres y con un breve recorrido por la carretera A344 hacia Salisbury. De repente, a la entrada del pueblo y en mitad del campo, todas las miradas quedan atrapadas por el imponente conjunto megalítico de Stonehenge. Lleva allí, inmutable, desde hace casi 5.000 años.

Desde el primer momento, el lugar provoca emoción y fascinación. Masas oblongas parecidas a columnas planas, de más de siete metros de altura, se yerguen distribuidas en círculos concéntricos de hasta 100 metros de diámetro. En lo alto de estas piedras, arquitrabes de roca de varias toneladas de peso parecen suspendidos del cielo, en un equilibrio de apariencia delicada. Toda la estructura se asemeja a una plaza mágica, ante la que no es difícil dejar volar la imaginación y advertir la presencia de antiguos sacerdotes dedicados a sus misteriosas invocaciones. Después de un vistazo panorámico de 360°, al visitante no le queda más remedio que alzar la vista al cielo; es probable que allí se encuentre la respuesta a los múltiples interrogantes que sugiere Stonehenge.

En la actualidad, existen varias hipótesis científicas acerca de la función del monumento megalítico más famoso del mundo. ¿Se trataba de un centro de ritos religiosos y funerarios? ¿Era un observatorio destinado a predecir impor-

continúa en pág. 66



UN MISTERIO QUE AÚN PERDURA. La ilustración presenta una reconstrucción de Stonehenge, el conjunto megalítico más famoso del mundo, erigido hace más de 5.000 años. A lo largo de los siglos, los investigadores han planteado distintas explicaciones del monumento: mágicas, religiosas o científicas. La hipótesis religiosa lo ve como un templo de los druidas, la clase sacerdotal de los pueblos celtas, y de hecho, todavía hoy los miembros de una secta inglesa, la *United Ancient Order of Druids*, realiza ritos misteriosos la noche del solsticio de verano (foto superior).

tantes acontecimientos astronómicos? ¿Quién lo construyó, cuándo y cómo? *Newton* intenta desvelar los secretos del místico templo de Stonehenge con la ayuda de Edoardo Proverbio, astrónomo del Observatorio de Brera (Milán) y autor de Arqueoastronomía, una de las obras más prestigiosas relacionadas con el conjunto megalítico inglés.

Entre la historia y la leyenda

Corría el año 1670, cuando el reverendo y anticuario inglés William Stukeley se adentró en la llanura de Salisbury, hacia el lugar sagrado que los habitantes de la zona denominaban *Steiin' hendj*, ('piedras suspendidas'). Tan sólo llevaba un mapa, herramientas rudimentarias para la excavación y un libro antiguo sobre el rey Arturo (Vita Merlino, escrito en 1140 por Geoffrey de Monmouth), en el que se contaba la leyenda de un conjunto circular formado por enormes piedras, la *Chorea Gigantum* ('danza de los gigantes'). Según Monmouth, una tribu de gigantes transportó las piedras desde África hasta Irlanda; luego, el mago Merlín las hizo volar por encima del mar hasta la llanura de Salisbury, su actual emplazamiento.

Gracias a los restos de cremaciones humanas hallados en una de las fosas del conjunto, Stukeley dedujo que la estructura era un templo de los druidas, la clase sacerdotal de las antiguas poblaciones celtas que invadieron las Islas Británicas a principios de la Edad de Bronce. Las conclusiones de Stukeley eran irreprochables dados sus medios, pero siglos más tarde se descubrió que la estructura completa del conjunto monumental pertenecía a una época anterior.

La construcción de Stonehenge se realizó a lo largo de 1.000 años

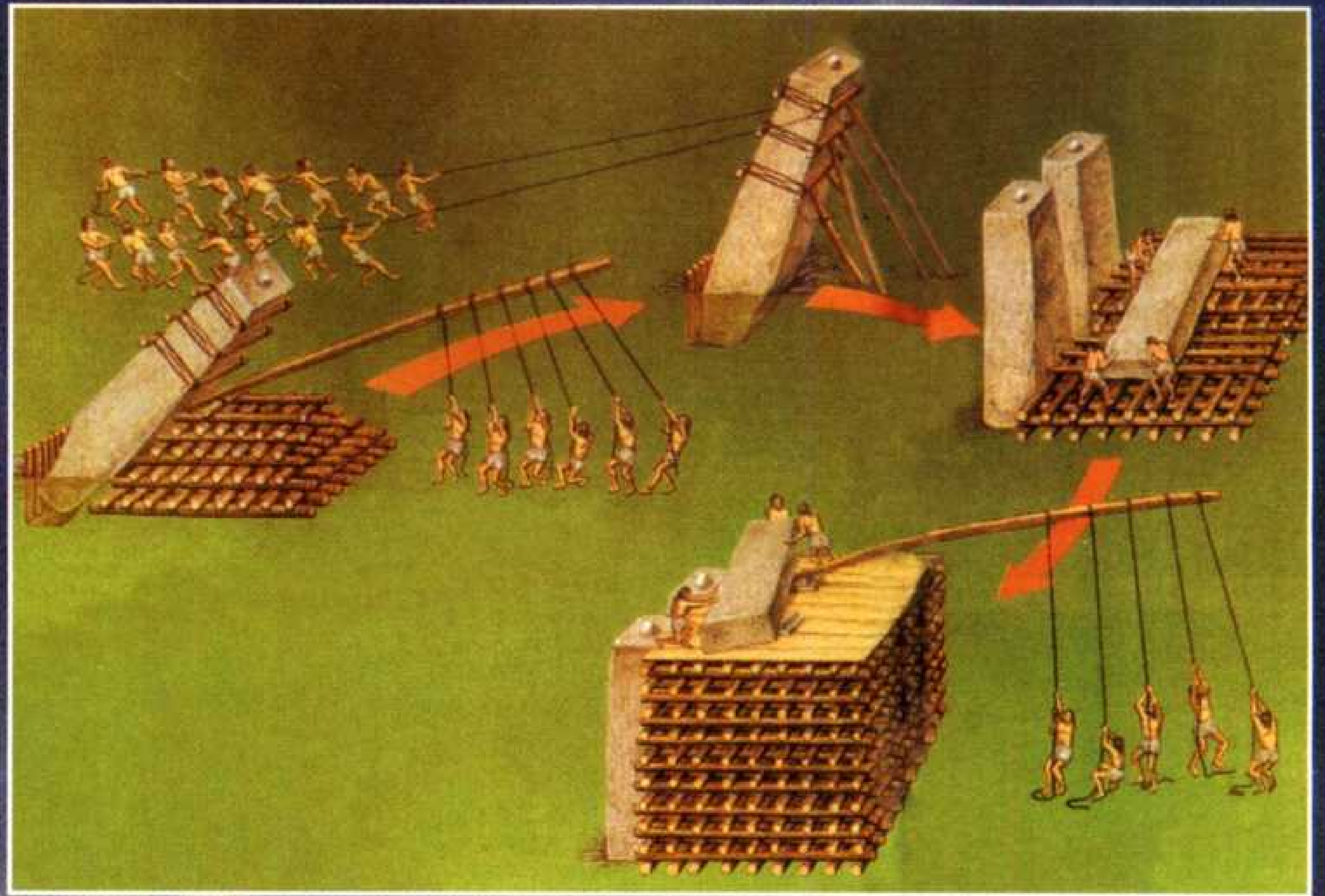
Entonces, ¿quiénes fueron los verdaderos autores de los megalitos y, sobre todo, cómo y cuándo los edificaron? Para encontrar respuestas científicas reales a los misterios de Stonehenge hay que esperar hasta finales del siglo XIX, cuando Norman Lockyer, pionero de las investigaciones arqueoastronómicas, llevó a cabo el primer intento de deter-

continúa en pág. 68



Técnicas primitivas que no temen el paso del tiempo

• **Para izar los monolitos,** los constructores los situaban alrededor del círculo con las bases hacia el interior. Bajo cada base se excavaba un agujero, mientras que el otro extremo se levantaba haciendo palanca con grandes palos. A medida que subía, se construía una plataforma de tierra que servía de sostén. Cuando la piedra alcanzaba una posición casi vertical se empujaba por la base hasta el agujero. Una vez alzadas las dos piedras verticales contiguas, para apoyar el arquitrabe se construía un plano inclinado de madera y gravilla desde el suelo hasta la parte superior de los bloques verticales. Las piedras horizontales, pulidas para que encajaran perfectamente en cada punto, se fijaban mediante una doble junta, aunque el peso del arquitrabe era garantía suficiente para asegurar la estabilidad de la estructura. Tanto es así que una parte de estas piedras aún se mantiene en pie con total seguridad, 5.000 años después de haberse alzado.



EL CÍRCULO MÁGICO A lo largo del tiempo, Stonehenge ha sufrido diversos ataques y muchos de los megalitos que formaban el conjunto fueron trasladados o destruidos. Con la fotografía, realizada por ordenador, se puede tener una idea del aspecto del templo hace unos 1.000 años.

minar la edad del conjunto megalítico por métodos astronómicos. El trabajo del científico inglés permitió desvelar el primer misterio, el relativo a la época de construcción del conjunto, que necesitó más de 1.000 años para ser finalizado.

Las primeras piedras se colocaron en el año 2800 a.C., en las cercanías de una población de agricultores y ganaderos. Estaban ensambladas de forma rudimentaria, de acuerdo con las técnicas de construcción que se utilizaban para los recintos de madera destinados al ganado. Unos 500 años después, el 'pueblo de los vasos' (llamado así por la costumbre de enterrar copas de cerámica, armas y otros utensilios junto a los difuntos) continúa con la construcción, aunque Stonehenge sólo alcanza su aspecto definitivo entre el 1900 y el 1600 a.C.

Diez siglos de trabajo

En 1940, el científico Richard Atkinson retomó los estudios de Lockyer determinando con gran precisión las tres grandes fases de la construcción de Stonehenge. En la primera, denominada 'Stonehenge I', se instaló la parte más externa de la estructura. Se trata de una hondonada en torno a un muro de contención de unos 49 metros de radio, que pudo llegar a alcanzar uno o dos metros de altura. En su interior se encuentran 56 peque

Piedras y fosas eran en realidad indicadores solares y lunares

continúa en pág. 70



a un
unos
pudo

res

dos
inte-
eque-
g. 70 →



LA 'DANZA DE LOS GIGANTES' A VISTA DE PÁJARO. La ilustración y la foto muestran Stonehenge desde la misma perspectiva aérea, esencial para poder admirar su majestuosidad. Se observan los monolitos y trilitos del círculo interno, la hondonada y el muro de contención de tierra de 100 metros de longitud, las 56 fosas (agujeros de Aubrey) y la Avenida, la vía que llega hasta la entrada principal desde una colina a 350 metros.

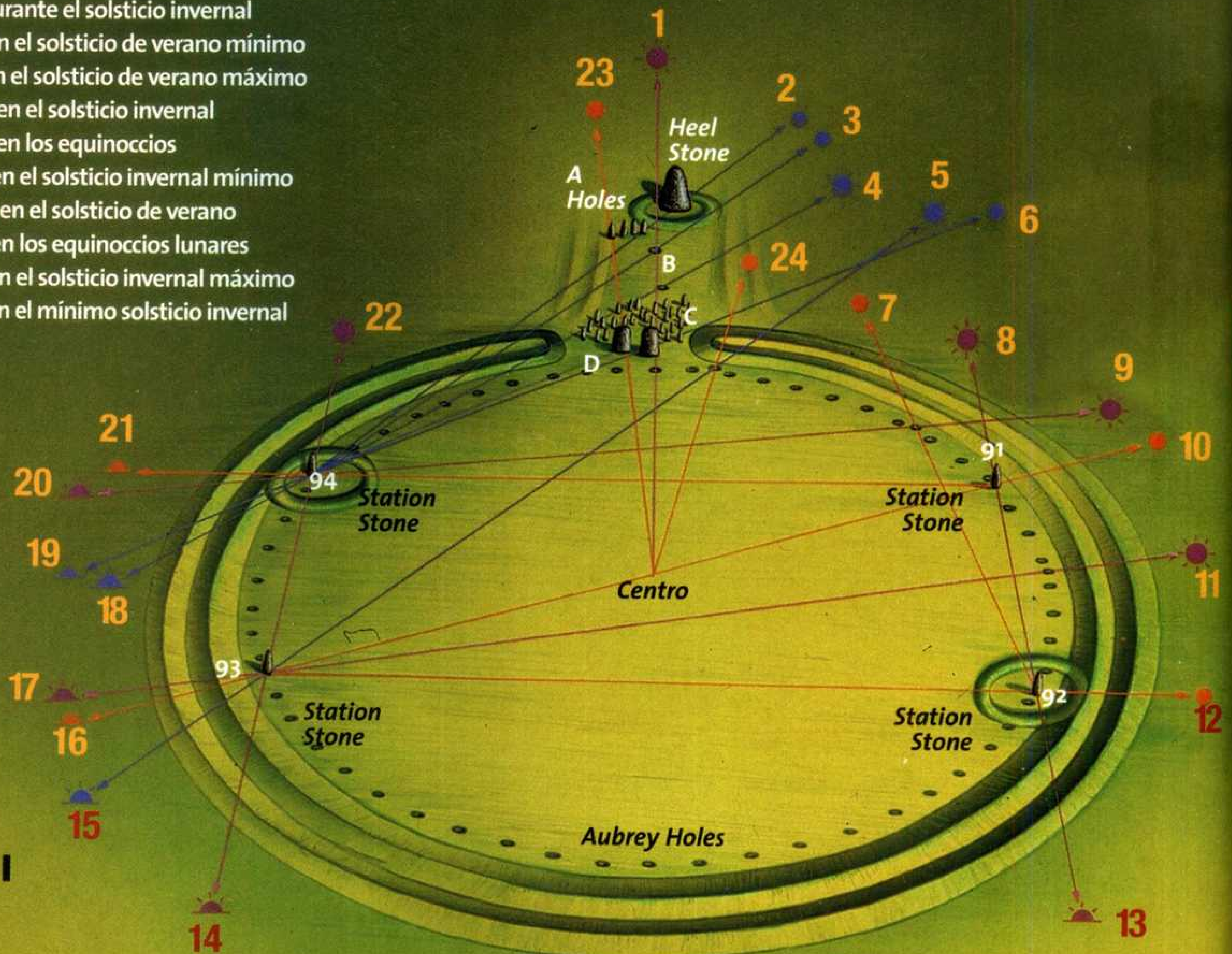
ñas fosas dispuestas en círculo, los *Aubrey Holes* (ahora marcados con discos de cemento), de unos 80 centímetros de diámetro y otros tantos de profundidad. Según el astrofísico inglés Fred Hoyle, los astrónomos del neolítico predecían los eclipses asignando a los Aubrey Holes el papel de indicadores solares y lunares. También se atribuyen a la primera fase las cavidades llamadas *Causeway Post Holes*, situadas a lo largo de la *Avenue*, la entrada principal del conjunto megalítico. Esta especie de camino ceremonial lo forman dos terraplenes paralelos, separados por 12 metros de distancia, que descienden a lo largo de 350 metros desde una suave colina hasta la parte baja de Stonehenge. La explicación más plausible para estas cavidades es que se tratara de bases para puntos de referencia (palos de madera u otro material) alineados en dirección de la salida de la luna llena en invierno. Por lo tanto, parece que incluso en esta primera fase Stonehenge debe ser considerado como un observatorio astronómico

La 'Piedra del Talón'

En el exterior del muro, orientada hacia el punto en el que sale el Sol en el solsticio de verano, se encuentra una gran piedra vertical de sarsen (un tipo de roca muy especial) sin tallar, la *Heel Stone* ('Piedra del Talón'). Resulta interesante destacar que sólo se pueden encontrar bloques de sarsen tan grandes en una cantera a

La posición de las piedras no es casual

1, 8 y 22 - Punto por donde sale el Sol en el solsticio de verano
2, 3 y 6 - Punto por donde sale la Luna durante el equinoccio lunar
4 y 5 - Salida del Sol en los equinoccios
7 y 23 - Salida de la Luna en el máximo solsticio invernal
9 y 11 - Salida del Sol durante el solsticio invernal
10 - Salida de la Luna en el solsticio de verano mínimo
12 - Salida de la Luna en el solsticio de verano máximo
13 y 14 - Puesta del Sol en el solsticio invernal
15 y 18 - Puesta del Sol en los equinoccios
16 - Puesta de la Luna en el solsticio invernal mínimo
17 y 20 - Puesta del Sol en el solsticio de verano
19 - Puesta de la Luna en los equinoccios lunares
21 - Puesta de la Luna en el solsticio invernal máximo
24 - Salida de la Luna en el mínimo solsticio invernal



Stonehenge I

Además de la enorme roca, denominada *Heel Stone* y situada en la base del eje principal del gran círculo de Stonehenge I, determinada por la dirección uno de la salida del Sol en el solsticio de verano, en la actualidad se pueden distinguir en el conjunto megalítico las cavidades conocidas como *Aubrey Holes*. A esta fase también se le atribuyen las dos cavidades A y las piedras B y C de la Avenida, así como las cavidades D de los *Causeaway Post Holes*, cuyo alineamiento todavía no se ha interpretado.

Stonehenge II

A esta segunda fase se le atribuyen las cuatro grandes piedras 91, 92, 93 y 94, denominadas *Station Stones*, que forman un enorme rectángu-

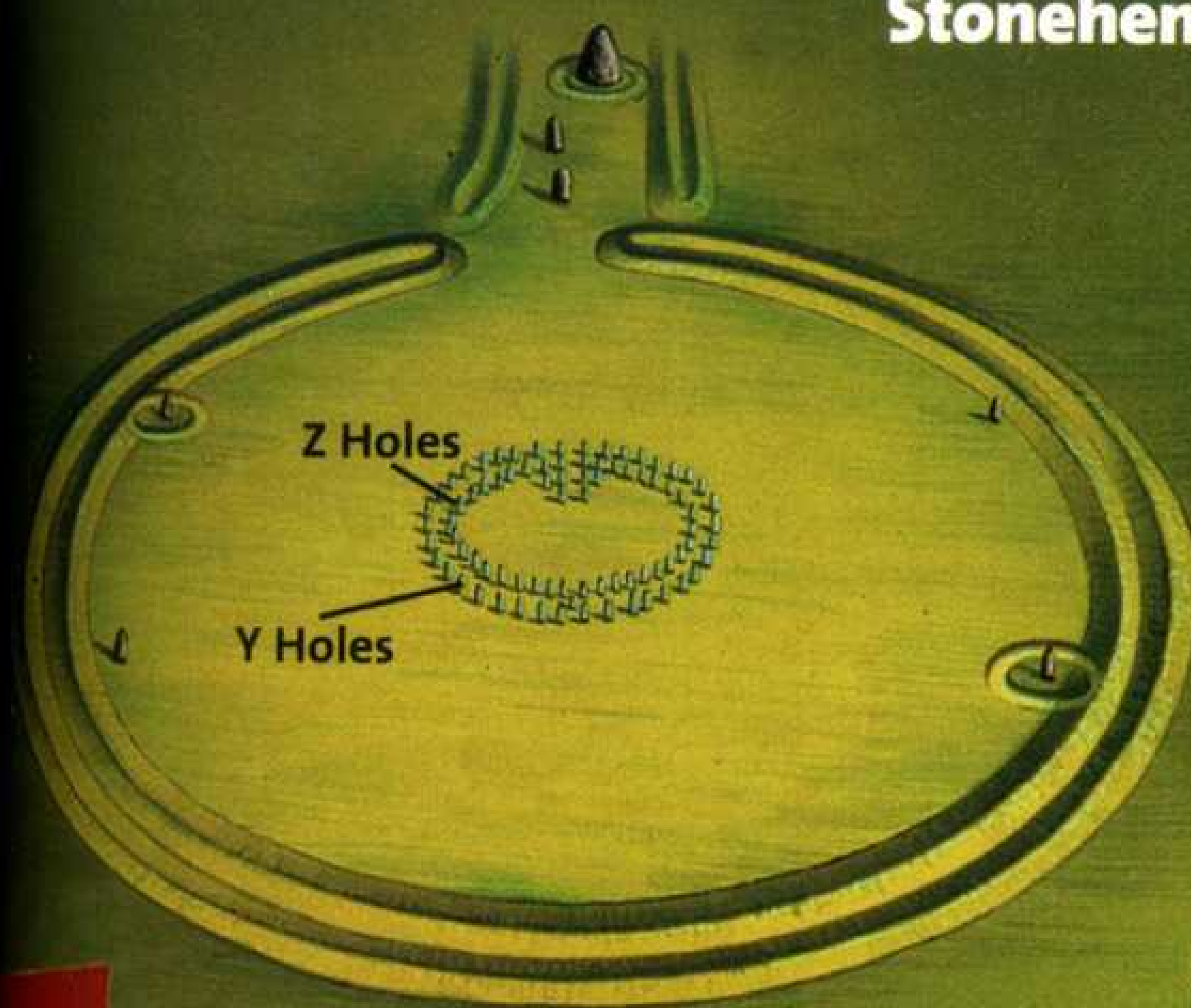
30 kilómetros de Stonehenge, por lo que se puede suponer que estas piedras (la más pesada alcanza las 45 toneladas) fueron transportadas a lo largo del río Avon, que fluye a tres kilómetros del lugar, y luego arrastradas en una especie de trineo hasta el lugar en el que había que erigirlas.

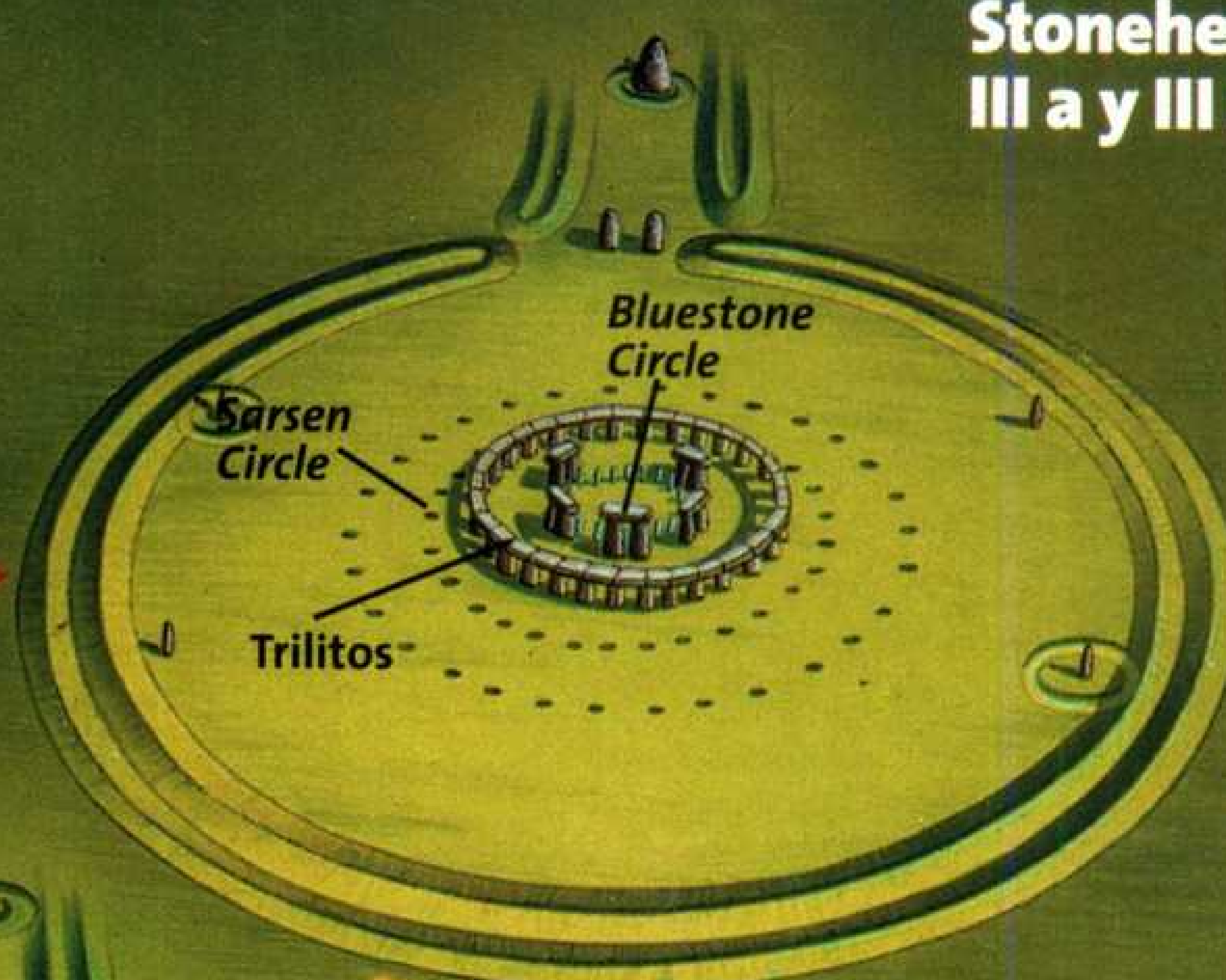
La fase intermedia, conocida como 'Stonehenge II', es probable que se desarrollara hacia el 2400 a.C. A este periodo pertenecen las dos grandes piedras (aún visibles) llamadas *Station Stones* 91 y 93 que, junto a los dos terraplenes 92 y 94 (cubiertos en la época por gruesas piedras), forman un gran rectángulo en línea con el punto por el que sale la Luna. Además, en aquella

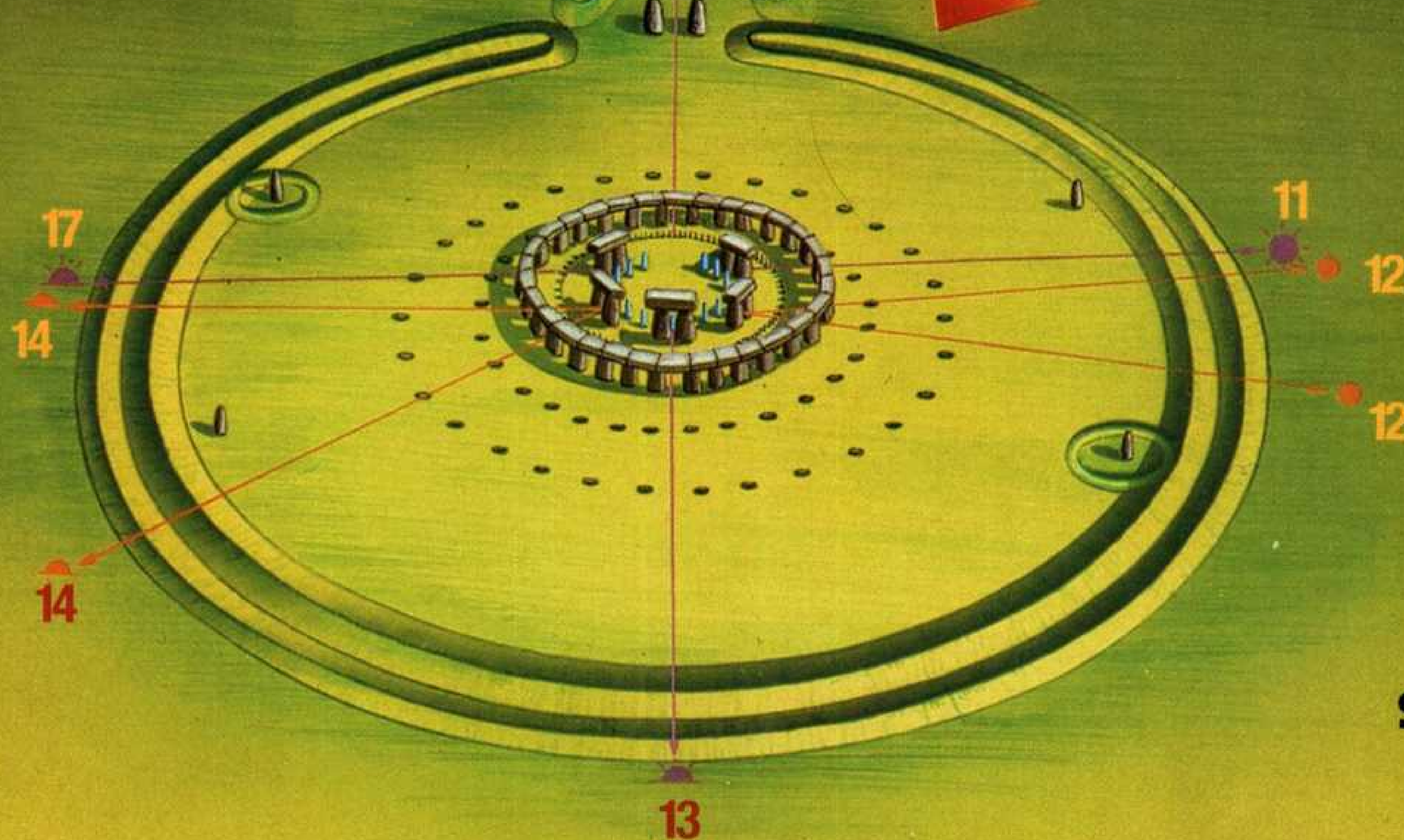
continúa en pág. 72 →



ARCOS DE ROCA. Las estructuras típicas de Stonehenge son los trilitos, puertas formadas por dos bloques verticales de siete metros de altura, sobre los que se apoya un arquitrabe horizontal.







lo sobre el terreno, y los dos grandes sistemas homocéntricos de 30 cavidades cada uno, conocidos como *Z Holes* e *Y Holes*.

Stonehenge III

A la primera fase del periodo final (señalada en el dibujo como Stonehenge IIIa) se le atribuyen los grandes círculos de piedra conocidos como *Sarsen Circle*, los cinco grandes trilitos que se hayan en su interior y las piedras azules del *Bluestone Circle*.

Los cuatro grandes trilitos de Stonehenge IIIb no desempeñan un papel concreto en la definición de la dirección de los intereses astronómicos, aunque en su línea media se podría situar la salida y la puesta del Sol y de la Luna durante los solsticios de verano e invierno.

época debían de existir dos entradas al lugar: una hacia el nordeste, todavía visible, y otra hacia el sur. En la actualidad hay una piedra que señala este hipotético pasaje. Se trata de una pieza sin tallar, en posición horizontal, manchada de rojo por la lluvia y que ha disuelto el hierro presente en el sarsen. Por esta razón, es conocida como *Slaughter Stone*, 'la Piedra del Sacrificio'.
La fase más estudiada de Stonehenge es la tercera, dividida con posterioridad por Atkinson en tres periodos distintos. Durante el primero, denominado 'Stonehenge IIIa' (hacia el 2100 a.C.), se alzaron los 30 enormes megalitos rectangulares, de 45 toneladas de peso, del *Círculo de Sarsen*, y las cinco parejas (de las que aún existen tres) situadas en su interior. Los pilares, que sobresalen unos cuatro metros del terreno, están coronados a su vez por otras piedras de similares dimensiones, de manera que se forma una serie de arcos rudimentarios, llamados trilitos, cuya altura total alcanza los 4,7 metros.
Durante el periodo intermedio, 'Stonehenge IIIb', se construyeron dos sistemas, cada uno formado por 30 cavidades en cuyo interior había 60 bloques de turquesa (ahora ya derrumbados, o caídos y despedazados), las *Blue Stones*. Estas masas, de cinco toneladas cada una, se extraían de las canteras de las Prescelly Mountains (a 320 kilómetros de distancia) mediante una curiosa técnica, consistente en calentar y enfriar la roca hasta resquebrajarla.

En el cielo se hallan las respuestas a las preguntas de los monolitos

En el interior del círculo de piedras azules hay cinco trilitos (todavía visibles, aunque sólo tres están completos), de entre seis y siete metros y medio y unas 50 toneladas. Los trilitos, situados en forma de herradura con el lado abierto hacia el nordeste, rodeaban una estructura idéntica, aunque mucho más pequeña, de piedras azules, en cuyo centro se encuentra una gran piedra, conocida popularmente como 'Piedra del Altar'.
La geometría de 'Stonehenge IIIc' es muy compleja. Los ejes coinciden con los de todo el monumento, pero se dirigen hacia el punto del solsticio de verano entre el 1600 y el 450 a.C. Tal precisión hace pensar que las comunidades que construyeron 'Stonehenge III' tenían unos conocimientos geométricos muy precisos y que utilizaban unidades de medida denominadas 'yarda' y 'pértiga' megalíticas.

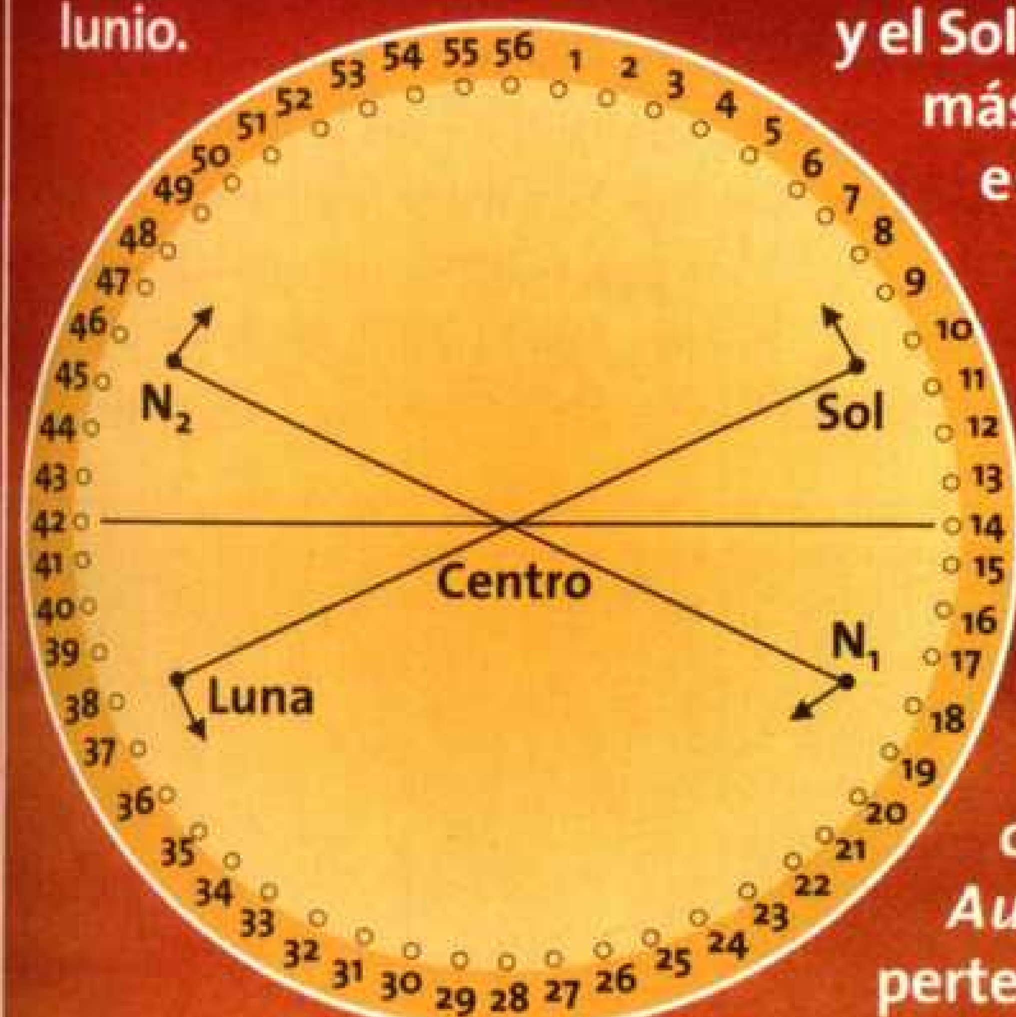
▸ El misterio continúa

Además, parece que los constructores de la fase final de Stonehenge llegaron incluso a trabajar para extender los puntos de alineación más allá del complejo megalítico. De hecho, la posición del conjunto, situado en el declive de una colina y rodeado de terreno ondulado, se presta a localizar promontorios naturales para utilizarlos como puntos de referencia, aun estando muy alejados del centro del lugar.
Numerosos investigadores se han enfrentado a la ardua tarea de desvelar los misterios de Stonehenge, sobre todo en los dos últimos siglos. Sin embargo, ¿lo han conseguido? En parte sí, en la actualidad sabemos quién erigió el monumento y cuándo lo hizo, pero quedan muchas dudas acerca del porqué.
Por lo general, un monumento es la expresión de la voluntad y la cultura de quienes lo erigen. En Stonehenge, construido a lo largo de más de un milenio por pueblos muy distintos entre sí, falta esa coherencia y continuidad. Es probable que los últimos trabajadores, a más de 10 generaciones de la contribución anterior, perdieran el recuerdo de la razón por la que realizaban la obra. Puede que Stonehenge, enorme ordenador de piedra que permitía llevar a cabo complicados cálculos astronómicos, se fuera transformando con el transcurso del tiempo en monumento o lugar de culto, una vez que la observación del cielo perdió su utilidad práctica original.
Incluso es probable que nadie haya imaginado aún la verdadera función de las 'piedras suspendidas'.



Los hombres de Stonehenge eran capaces de predecir hasta los eclipses

• **Se produce un eclipse** de Sol cada vez que la Luna se sitúa en la conjunción Tierra-Sol entre la Tierra y el Sol (fenómeno conocido como Luna en conjunción) y, viceversa, se produce un eclipse lunar cada vez que la Tierra se sitúa en conjunción Luna-Sol entre la Luna y el Sol (Luna en oposición). Si el plano de la órbita de la Luna coincidiese exactamente con el de la Tierra, se produciría un eclipse solar en cada Luna nueva, al igual que un eclipse lunar en cada plenilunio.

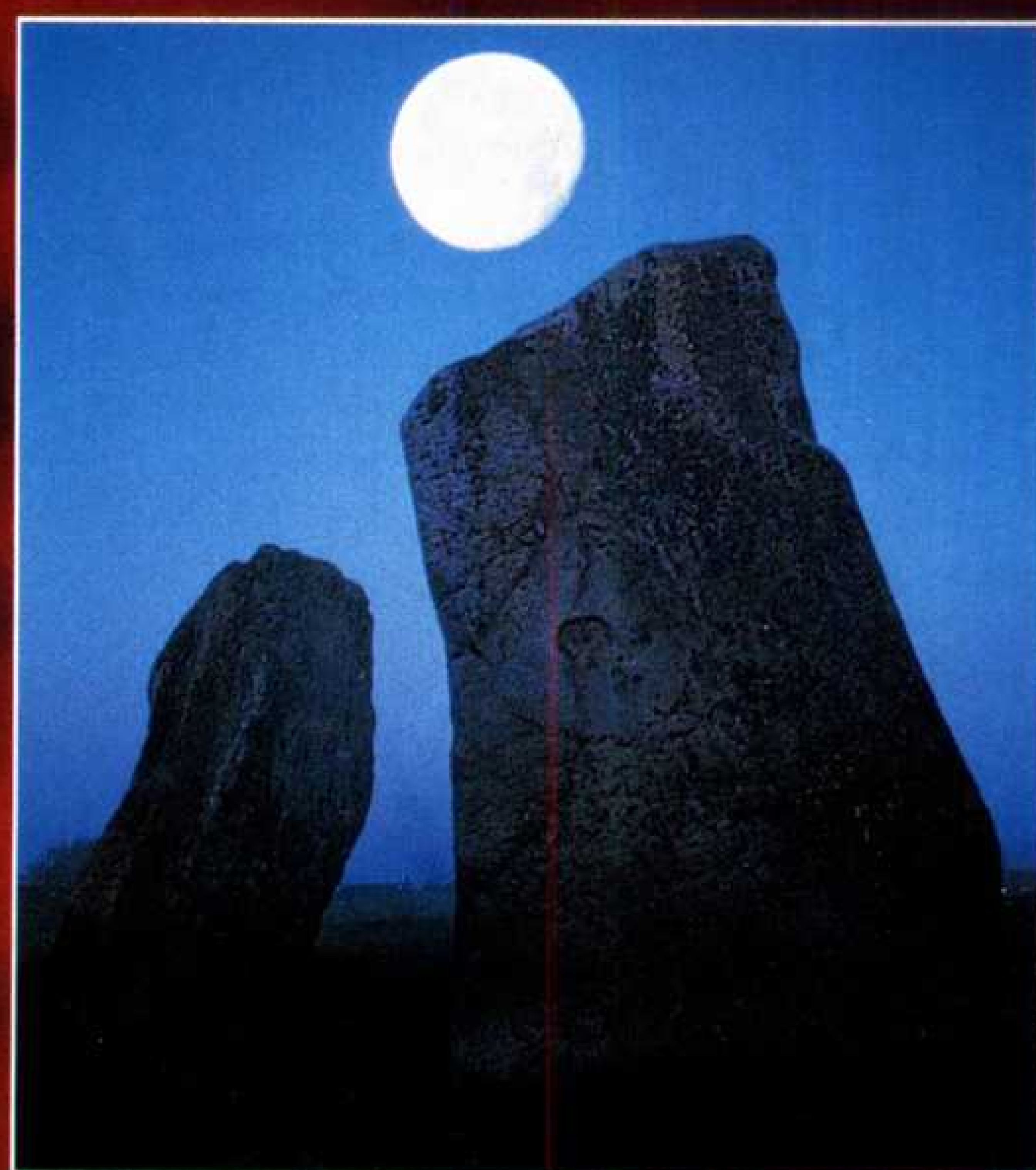


Sin embargo, los dos cuerpos celestes describen órbitas diferentes que sólo tienen dos puntos en común, denominados nudos (N1 y N2). Por lo tanto, sólo se puede producir un eclipse cuando la Luna se encuentra cerca de uno de los nudos. Este periodo es conocido como 'estación de los eclipses', dura unos 34 días y se repite de forma cíclica cada 346,6 días.

¿Cómo eran capaces los astrónomos neolíticos de predecir los eclipses sin conocer la teoría del movimiento de la Luna y el Sol? La hipótesis más convincente es la de los astrofísicos Fred Hoyle y Gerald Hawkins, que interpretan el posible significado del gran círculo de los *Aubrey Holes*, perteneciente a la primera fase del conjunto de Stonehenge. Hoyle opina que los constructores de Stonehenge organizaron un sistema capaz de predecir los eclipses con bastante aproximación. Como se observa en el esquema del dibujo, los astrónomos neolíticos colocaron el Sol, la Luna y los dos nudos N1 y N2 en el círculo de las 56 cavidades.

La posición del Sol se fijaba en una de las 56 cavidades con un palo de madera o piedra (por ejemplo, en el momento del solsticio de verano o de invierno), esta posición iba variando en sentido contrario a las agujas del reloj, dos cavidades cada 13 días, hasta completar un giro en 364 días. A su vez, la posición de la Luna se fijaba en el plenilunio: en ese momento, el palo de la Luna se encuentra en posición opuesta a la del Sol.

A lo largo del círculo de Aubrey, el movimiento



de la Luna se representaba moviendo su palo, siempre en sentido contrario al de las agujas del reloj, dos cavidades cada día, hasta completar el mes lunar en los 28 días preceptivos.

En cambio, los palos de los nudos N1 y N2 se movían en el sentido de las agujas del reloj, tres cavidades por año, para hacerlos coincidir con el ciclo lunar, de 18,67 años. Para establecer la posición exacta inicial, es probable que se emplearan los monolitos conocidos como *Causeaway Post Holes*. Estos indicaban, como punto de partida, el momento exacto en el que el nudo N1 coincide con el equinoccio de primavera y otoño.

UN ESPECTÁCULO QUE MERECE LA PENA
Las puestas de Sol en Stonehenge son realmente sugerentes: la especial disposición de los monolitos y los trilitos crea insólitos juegos de sombras en las rocas y el terreno adyacente. Todos los arcos que forman los distintos círculos concéntricos están orientados hacia el Sol o las constelaciones. Precisamente, gracias a las sombras proyectadas por las piedras, nuestros antecesores conseguían predecir acontecimientos astronómicos como los eclipses, según se explica en el recuadro.

UNA COMISIÓN DEL SENADO ESPAÑOL está elaborando un informe sobre la situación de Internet en nuestro país. Para ello, los senadores han recibido datos y escuchado las opiniones de más de un centenar de expertos en el tema. Los trabajos se prolongarán durante un año y medio.

SECCIÓN COORDINADA POR ALBERTO DE LAS FUENTES

Los robots 'cirujanos' permiten operar a distancia

Gracias a los chips, cada día se ponen en funcionamiento mejores aparatos para realizar escáneres, tomografías, resonancias magnéticas y otros análisis del cuerpo humano en tres dimensiones. Pero, además de mejorar los sistemas de diagnóstico, la informática también está transformando otros campos, como el de las intervenciones quirúrgicas. El último grito son los robots para realizar operaciones, que se pueden manejar a distancia. Además de aumentar la precisión y la eficacia, estos mecanismos abren las puertas a la telecirugía. Recientemente, un grupo de cirujanos franceses utilizó uno de estos robots, desarrollado por la empresa californiana Intituive Surgical, para operar a corazón abierto a seis pacientes . Mientras los cirujanos manejaban los brazos del robot desde una consola, el paciente se encontraba a varios metros de distancia de los médicos, con una pequeña cámara de imágenes en 3-D instalada en su interior.





El ordenador sustituye al minero

Las aplicaciones de la informática son infinitas. Ahora le ha llegado el turno a la minería. Investigadores australianos han puesto a punto un cerebro informático para manejar las gigantescas excavadoras de las minas de carbón a cielo abierto. Estos monstruos, de 3.500 toneladas de peso y con un brazo de 100 metros de largo recogen entre 100 y 300 toneladas de roca con cada palada. Ahora, la pala se manejará por ordenador y todo el conjunto se dirigirá con un ratón. Cada mina ahorrará tres millones de dólares anuales.



El coche fantástico, en proceso de prueba

Empresas como Microsoft, IBM, Intel, Philips, Sun Microsystems y prácticamente todos los fabricantes de automóviles están trabajando en diversos proyectos para la creación del coche del futuro. Entre las principales prestaciones que se piensan instalar en el automóvil del próximo siglo, encontramos envío y recepción de datos, desde correo electrónico a información en tiempo real sobre la situación del tráfico, reconocimiento de voz, para evitar que haya que soltar las manos del volante y sistema de navegación y posicionamineto por satélite (GPS), para facilitar la conducción. Además, se tendrá acceso a todo tipo de informaciones que se soliciten, desde música a películas destinadas tanto al conductor como a los acompañantes. La parte mala de este coche del futuro es que para muchos se convertirá en una extensión del puesto de trabajo.

El chip que garantiza la identidad

Hay terrenos en los que Internet aún debe mejorar. Por ejemplo, si pedimos el saldo de nuestra cuenta en el banco, compramos un ordenador a crédito o solicitamos una copia del libro de familia. ¿Quién le asegura al banco, al comercio o al empleado del Registro que, efectivamente, somos quienes decimos ser? Para solucionar estos problemas, que impiden que se puedan firmar contratos por Internet, hay que recurrir a la certificación efectuada por un organismo independiente y de toda confianza que asegure a las partes la identidad auténtica. La Fábrica Nacional de Moneda y Timbre está trabajando en este tema, incluido en el proyecto CERES. Cada usuario del sistema recibirá una tarjeta inteligente, con un chip, que servirá para firmar documentos y garantizará la identidad. Se espera que se pueda implantar a lo largo de 1999.



LA REPRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS se realiza, generalmente, según dos modalidades: la vegetativa y la sexual. En el primero de los casos, la formación de una nueva planta se produce a partir de un fragmento del vegetal que es capaz de regenerarse y de crear

La reproducción sexual de las plantas con flor

Las angiospermas, plantas con flores, pueden ser hermafroditas o unisexuales, según tengan los órganos reproductores masculino y femeninos en la misma flor o separados en flores diferentes. En ambos casos pueden reproducirse sexualmente y, si la fecundación tiene éxito, forman un embrión protegido en la semilla que germinará y desarrollará una nueva planta.

Los estambres, hojas de la flor modificadas al servicio de la reproducción, forman los granos de polen que son dispersados por el viento o conducidos por los insectos hasta el órgano reproductor femenino. A este viaje se le llama polinización.

El grano de polen no es el gameto masculino, pero sí es su progenitor. La formación de los gametos, dos núcleos espermáticos por cada grano de polen, empieza cuando éste percibe que ha llegado a la superficie receptiva femenina. Entonces, el grano emite un tubo a manera de pasarela que conduce a sus recién formados gametos al encuentro de sus parejas respectivas.

El ovario, órgano reproductor femenino, encierra en su interior a los óvulos, cada uno de ellos encargado de formar un gameto femenino: la oosfera. Esta célula no está sola; va acompañada de otras varias que con ella forman el saco embrionario. Dos de estas células, las sinérgidas, están al servicio de la oosfera y dispuestas a sustituirla en la nupcias con el gameto masculino si fuese necesario.

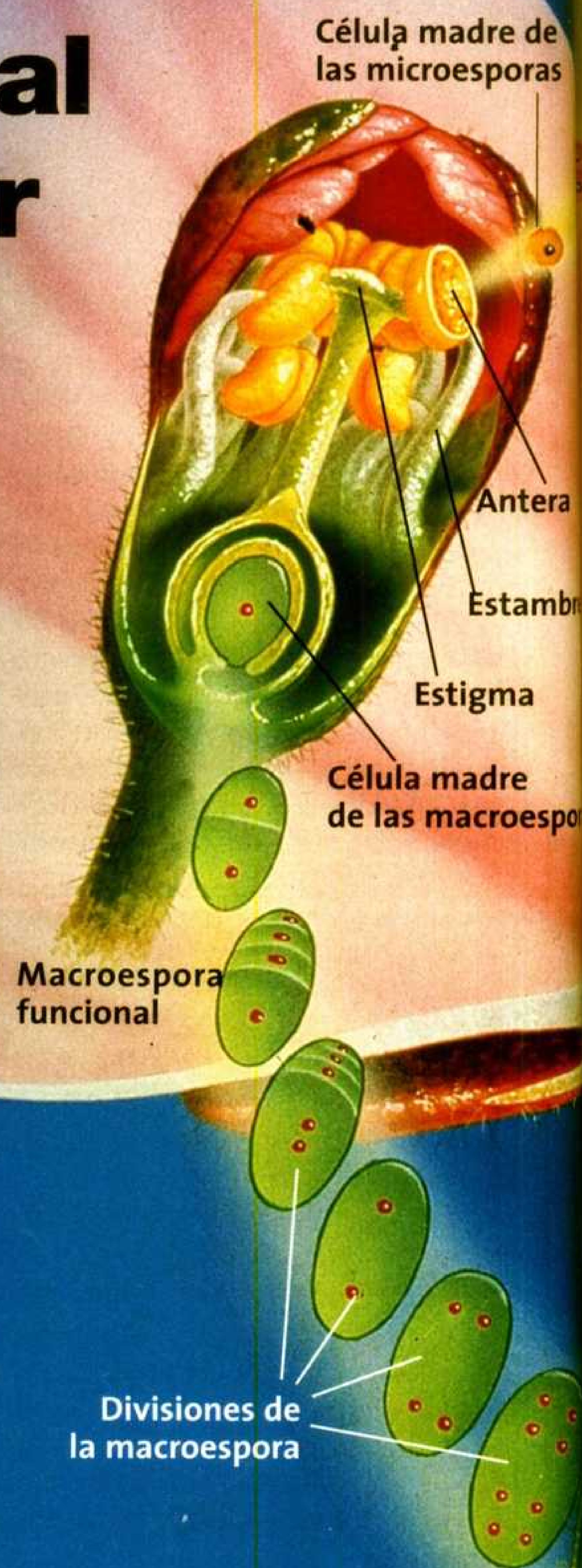
En el centro del óvulo hay una pareja inseparable de núcleos: los núcleos polares, que sin llegar a la categoría de células, tienen un comportamiento aleccionador en la reproducción. También ellos, femeninos igual que la oosfera, esperan y merecen una fecundación, pero ante la realidad de la llegada de dos únicos gametos masculinos, aceptan compartir entre ellos la fusión con el que no se empareja con la oosfera y forman una bien avenida tríada.

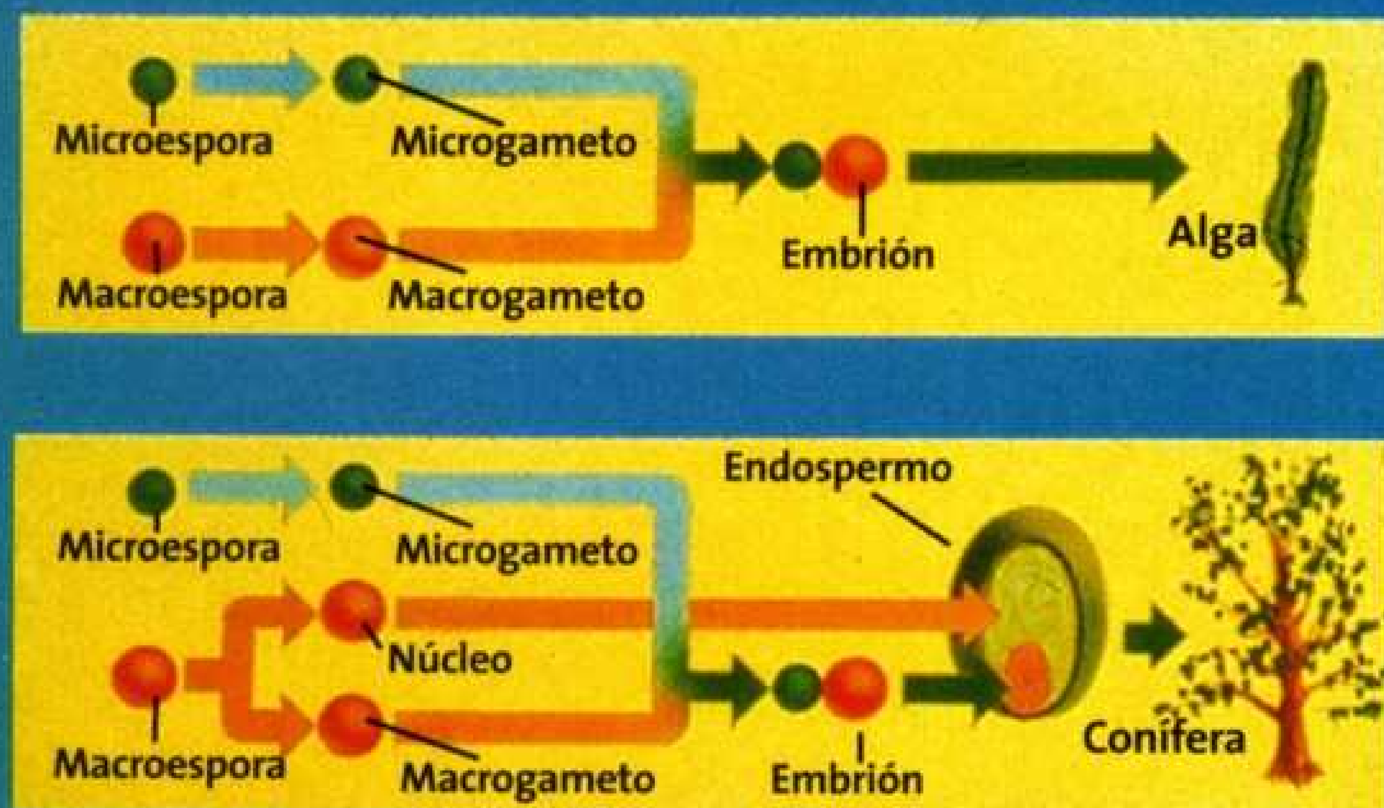
Esta tríada unida es el origen de un tejido nutritivo, el endospermó, que atenderá al embrión en sus necesidades alimenticias.

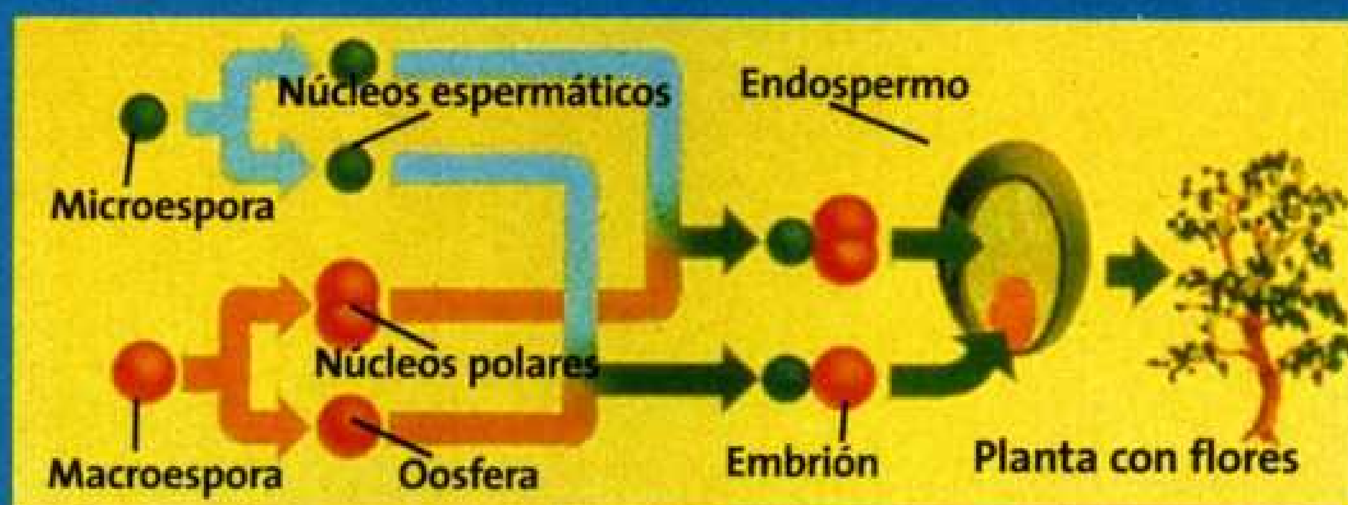
La doble fecundación desencadena una transformación de ritmo febril en el óvulo. Donde antes había una oosfera, ahora se desarrolla un embrión y, en el lugar que ocupaban los dos núcleos inseparables, crece el endosperma alimenticio. Las paredes del óvulo se refuerzan para proteger al embrión y su endosperma, y queda convertido en una semilla.

La transformación del óvulo en semilla sucede dentro del ovario que así protege la nueva vida generada por la planta. El ovario maduro, en sazón porque lleva un embrión protegido y alimentado, es el fruto, la etapa final que confirma el éxito de la reproducción sexual de las plantas en flor.

Eugenia Ron Álvarez
Catedrática de Biología Vegetal
de la Universidad Complutense de Madrid







SEGÚN EL TIPO DE PLANTA la reproducción sexual se realiza de varias formas diferentes. En el proceso evolutivo de los vegetales asistimos al paso de la fecundación simple a la doble.

las partes que le faltan. En este caso la nueva planta generada es totalmente idéntica a la original, se trata de una verdadera clonación. Cuando la planta se reproduce sexualmente, como sucede en los animales, se crea un nuevo ejemplar a través de la fecundación de dos células especializadas, llamadas gametos. Pero este sistema no es único: según la especie de planta, la reproducción sexual puede producirse de tres maneras diferentes. La más compleja de todas es la fecundación doble.

LA DOBLE FECUNDACIÓN DE LAS PLANTAS
Algunos vegetales se reproducen mediante la doble fecundación: dos núcleos espermáticos se unen separadamente con otras tantas células (núcleos de la oosfera y núcleos polares) para originar respectivamente al embrión y al endospermo que le ha de alimentar.

La otra cara del sol

▶ De él dependen las cosechas, las plantas y los animales. Pero ¡cuidado!, porque nuestro mejor aliado puede convertirse en un enemigo mortal. Unos 3.000 españoles sufren melanoma, uno de los cánceres de piel más agresivos, a causa del exceso de sol

POR PACO REGO

Creativo, generoso, majestuoso... Algunos de los rasgos positivos que la Astrología atribuye al sol hablan por si solos del poder de seducción que esta estrella ejerce sobre el hombre. El sabio ateniense Anaxágoras defendió la idea de que dicho cuerpo celeste era una bola al rojo vivo menor que el Peleponeso (160 kilómetros cuadrados). Los egipcios creían que se trataba de un disco ardiente que recorría el cielo a bordo de un barco.

Mitos y creencias aparte, lo cierto es que el sol lo mismo que nos ayuda, nos destruye.

continúa en pág. 80 →



EL ALTO PRECIO DEL MORENO ARTIFICIAL
Los rayos ultravioleta del tipo A (UVA) que se utilizan en los centros de bronceado artificial también pueden provocar la aparición de melanomas, uno de los tumores cutáneos más graves, según advierten los dermatólogos. La enfermedad ocasiona la muerte al 25% de las personas que la padecen.

UNA CENTRAL NUCLEAR EN EL ESPACIO
El sol, la estrella más próxima a la Tierra, es una gigantesca central nuclear 109 veces mayor que nuestro planeta. Cada segundo, 500 millones de toneladas de hidrógeno, su principal combustible, se transforman en helio, por una reacción de fusión. La energía que se libera llega a nosotros en forma de luz y calor.

Si por alguna desafortunada conjunción de factores, la cantidad de luz que llega a la Tierra cambiara radicalmente o desapareciera, como predice la hipótesis del invierno nuclear, es probable que la vida se extinguiera. Las plantas, al no poder realizar la fotosíntesis, y los seres humanos, cuyo metabolismo depende en parte de los baños solares que favorecen la síntesis de vitamina D, morirían.

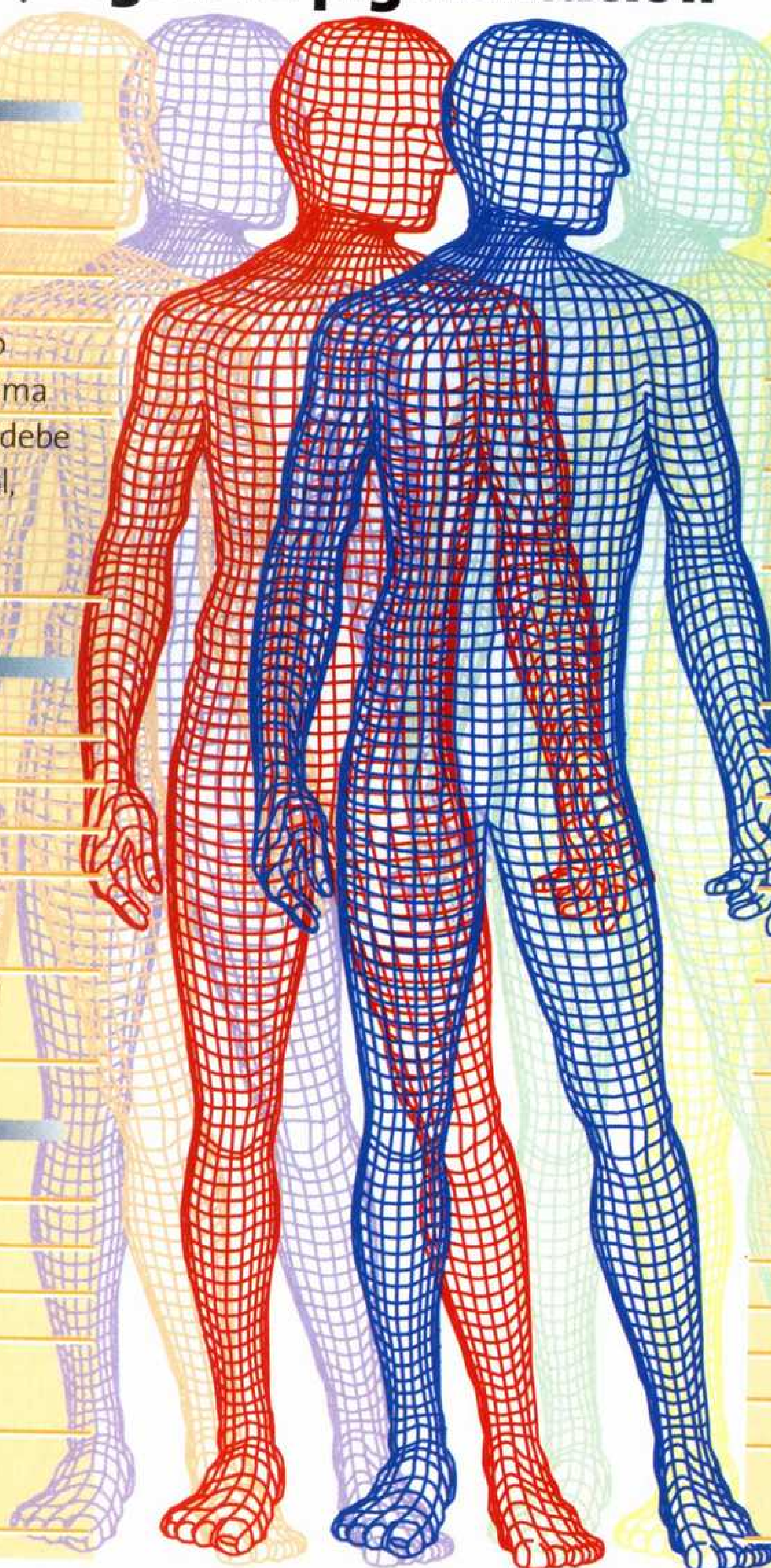
Sin embargo, este sol benefactor tiene una cara menos amable. Se le relaciona directamente con la aparición de alergias, fotoenvejecimiento, quemaduras y cáncer de piel, incluyendo el melanoma, uno de los más agresivos. De hecho, «los cánceres de piel debidos a las radiaciones solares han aumentado considerablemente en los últimos años», asegura la dermatóloga Aurora Guerra, del hospital 12 de Octubre de Madrid. Además, existe otro factor de alerta: «La edad media de los afectados empieza a bajar por primera vez. Si hace 20 años era excepcional ver un cáncer de piel por debajo de los 50 años, hoy, sin embargo, es relativamente frecuente», añade la doctora Guerra.

Los médicos exigen que se regulen los centros de bronceado

El cuerpo humano está preparado para recibir una determinada cantidad de radiación. Es lo que los expertos denominan capital solar. En el momento que éste se agota, la piel comienza a pasar una dolorosa factura. Es lo que ocurre,

continúa en pág. 82 →

Tipos de piel, según la pigmentación



• FOTOTIPO 1
- Piel: rojiza blanca (albinos y pelirrojos)
- Pecas: abundantes
- Ojos: azules, verdes, grises
- Pelo: blanco, rojizo, rubio claro
- Quemaduras: siempre se quema
- Fotoprotección necesaria: no debe exponerse nunca a la luz del sol, ni a otras fuentes de radiación lumínica.

• FOTOTIPO 2
- Piel: blanca rosácea
- Pecas: algunas
- Ojos: claros
- Pelo: castaño claro
- Quemaduras: casi siempre se quema
- Fotoprotección necesaria (con filtros solares): extrema.

• FOTOTIPO 3
- Piel: morena clara
- Pecas: algunas
- Ojos: grises-marrones
- Pelo: castaño
- Quemaduras: casi siempre se pone moreno
- Fotoprotección necesaria (con filtros solares): muy alta.

• FOTOTIPO 4
- Piel: oscura
- Pecas: ninguna
- Ojos: oscuros
- Pelo: castaño oscuro o negro
- Quemaduras: siempre se pone moreno
- Fotoprotección necesaria (con filtros solares): alta.

• FOTOTIPO 5
- Piel: muy oscura
- Pecas: ninguna
- Ojos: oscuros
- Pelo: oscuro (mulatos, mestizos, indios, etc.)
- Quemaduras: muy raramente se quema
- Fotoprotección necesaria: mínima moderada.

• FOTOTIPO 6
- Piel: muy negra (negros puros o negros prietos)
- Pecas: ninguna
- Ojos: oscuros
- Pelo: muy negro
- Quemaduras: nunca se quema
- Fotoprotección necesaria: no precisa, normalmente.

VACACIONES MÁS SEGURAS. El uso de un fotoprotector adecuado reduce la aparición de enfermedades en la piel. El melanoma afecta más a las mujeres que a los hombres. Se localiza sobre todo en las extremidades, mientras en los varones suele aparecer en el tronco.

por ejemplo, con el fotoenvejecimiento, cuyos responsables son los rayos ultravioleta A. Los UVA destruyen poco a poco las moléculas de colágeno y elastina (responsables de la tersura y elasticidad de la piel), dando lugar a la aparición de arrugas, asperezas, pigmentación moteada, piel seca y descamación. Hay que recordar que el fotoenvejecimiento es proporcional a la dosis de radiación ultravioleta acumulada, es decir, a la cantidad de sol que se recibe desde el nacimiento hasta que aparece el problema.

La piel dispone de un capital solar que no se debe dilapidar

Mucho más nocivos son los ultravioleta B (UV-B), sobre los que recae la responsabilidad de la aparición de los cánceres del piel, como el melanoma o el carcinoma espinocelular. Éste tiene un desarrollo muy lento y afecta especialmente a las zonas del cuerpo que reciben mayor insolación (nuca, manos, antebrazos), aunque eso no le impide invadir otras zonas del cuerpo.

No existe un cupo de horas de insolación que se pueda aplicar a todas las personas por igual, sino que éste varía de acuerdo con el color y la pigmentación de la piel y según las zonas del planeta.

Chile, Argentina, Australia y el norte de Europa son las áreas que requieren más precaución al haberse detectado un mayor aumento de enfermedades, debido, en parte, a la destrucción de la capa de ozono. En Australia, los cánceres de piel suponen el 50% de todos los tumores malignos. Algunos cálculos estiman que dos de cada tres argentinos, tasmanos y chilenos padecerán algún tipo de cáncer de piel en su vida.

Los expertos coinciden en señalar que las peores horas van desde las 12 hasta las 14 horas (hora solar) o desde las 14 a las 16 horas (horario europeo de verano).

▸ UVA artificial

Lucir un palmito moreno todo el año tampoco esta exento de peligros. Los rayos UVA que emiten las lámparas de bronceado pueden provocar la aparición de melanomas. De hecho, «está comprobado que las personas que se someten a bronceado artificial con rayos UVA reciben el doble de irradiación que las que se exponen a la luz solar en una playa al mediodía en verano». La advertencia lanzada por el doctor Francisco Camacho, ex presidente de la Academia Española de Dermatología, coincide con un estudio realizado en Suecia que demuestra «una incidencia cuatro veces superior de melanoma en los usuarios de los centros de bronceado artificial».

Las radiaciones UVA favorecen el desarrollo precoz del cáncer de piel. Pueden producir reacciones alérgicas y de fotosensibilidad con ciertos fármacos, y no se recomiendan en las embarazadas y consumidores de estrógenos. 

CRIATURAS MARINAS. Los míticos Mares de China no sólo albergaban a piratas temibles, como los 'Tigres de Mompracem'. También son el hábitat de terroríficos bichos que convierten un crucero de lujo en un pesadilla infernal en *El misterio de las profundidades.*

SECCIÓN COORDINADA POR ALBERTO LUCHINI



¡Alerta! Un meteorito asesino amenaza la Tierra

Se acerca inexorablemente el fin del milenio. Y con él, según los más negros presagios de muchos autoproclamados profetas, el fin del mundo. Mientras llega el momento de comprobar si estos augurios son o no ciertos, el cine nos brinda en bandeja la posibilidad de prepararnos para tal eventualidad.



Porque, si hacemos caso a la nueva moda imperante en Hollywood, está claro que de producirse el desastre será como consecuencia del impacto de un meteorito contra la faz de la Tierra.

Si hace apenas un mes era *Deep Impact,* filme de la nueva factoría Spielberg, DreamWorks, el que analizaba esta posibilidad, ahora es la Disney la que presenta su visión de la posible catástrofe en *Armageddon.* Un largometraje que parte de la misma premisa: un cuerpo celeste del tamaño de Texas está a punto de colisionar con nuestro planeta y provocar la desaparición de cualquier forma de vida.

Hasta aquí, todas las similitudes que hay entre ambos títulos. Porque si el primer filme se centraba en mostrar las reacciones de los habitantes de la Tierra (mejor, de los estadounidenses) ante tan dramática contingencia, el segundo se preocupa por ahondar en la forma de evitarla. Y, para ello, nada mejor que recurrir a Bruce Willis, quien, al frente de un equipo de especialistas en perforación de superficies –integrado por Ben Affleck, Billy Bob Thornton y Steve Buscemi–, debe introducirse en el asteroide para destruirlo antes de que éste alcance su objetivo. Produce Jerry Bruckheimer, uno de los más grandes especialistas en cine de acción (*Top Gun, La roca, Con Air*).

Náufragos interestelares

En el año 2058 sólo queda el 40% de la capa de ozono, y los combustibles fósiles están a punto de agotarse. Ante semejante tesitura, la única posibilidad de supervivencia para los culpables de esa situación –los seres humanos– es colonizar el planeta Alpha Prima, el único cuerpo celeste habitable de la galaxia, exceptuando la Tierra. Para ello, una familia, el señor y la señora Robinson y sus tres hijos (premonitorio nombre para unas personas destinadas



a convertirse en náufragos espaciales), viaja hasta dicho planeta para abrir una *hiperpuerta* que permita el teletransporte de los habitantes del Planeta Azul.

Así comienza *Perdidos en el espacio,* adaptación cinematográfica de un telefilme de los 60 que puede presumir de haber desbancado a *Titanic* del primer puesto del *box office* norteamericano. ¿La razón? Un inmenso despliegue de efectos especiales (hasta 750 entre explosiones planetarias, robots parlantes, alienígenas y persecuciones a bordo de naves futuristas), supervisados por Angus Bickerton (*Batman*) y la Jim Henson's Creature Shop. El director es Stephen Hopkins cineasta con experiencia en la ciencia ficción gracias a sus anteriores trabajos en *Depredador 2* y varios episodios de la teleserie *Historias desde la cripta.*

¿Quién era?... Georges Mèlies

Hasta la aparición de este singular personaje, prestidigitador de profesión, los filmes se limitaban a ser documentales rodados en plano-secuencia. Mèlies, trotamundos y visionario, descubrió las posibilidades del montaje (como hacer aparecer y desaparecer a los actores a su antojo o cambiar de escenario) y creó el cine de ficción. También experimentó diversas técnicas de efectos especiales, como colorear a mano los fotogramas. De sus más de 400 títulos, muchos de ellos perdidos, destaca, significativamente, *Viaje a la luna.* Y es que Mèlies fue el Julio Verne del cine.

Un azul tan antiguo como el mundo

Los vestidos de los faraones, los rostros de los guerreros de Bretaña, los pantalones vaqueros... Para cosas tan dispares, ha sido utilizado el índigo, un colorante de naturaleza molecular que, aunque parece poco adecuado para la industria del vestido, nunca pasa de moda

POR GIANNI FOCHI

Está en la cresta de la ola desde hace 6.000 años. Lo usaban los faraones, los pueblos cuya historia recoge la Biblia, los antiguos romanos... Y hoy sigue presente en casi todos los armarios. Hablamos del índigo, el eterno colorante azul.

Si los egipcios lo utilizaban para teñir las telas que vestían a los reyes, en nuestros días se usa, sobre todo, como colorante para los vaqueros. Después de algunos lavados, confieren a estos insustituibles pantalones un aspecto descolorido y *viejo* que no sería fácil de obtener con otro tipo de pigmento.

Se han hallado tejidos con 6.000 años que no han perdido el color

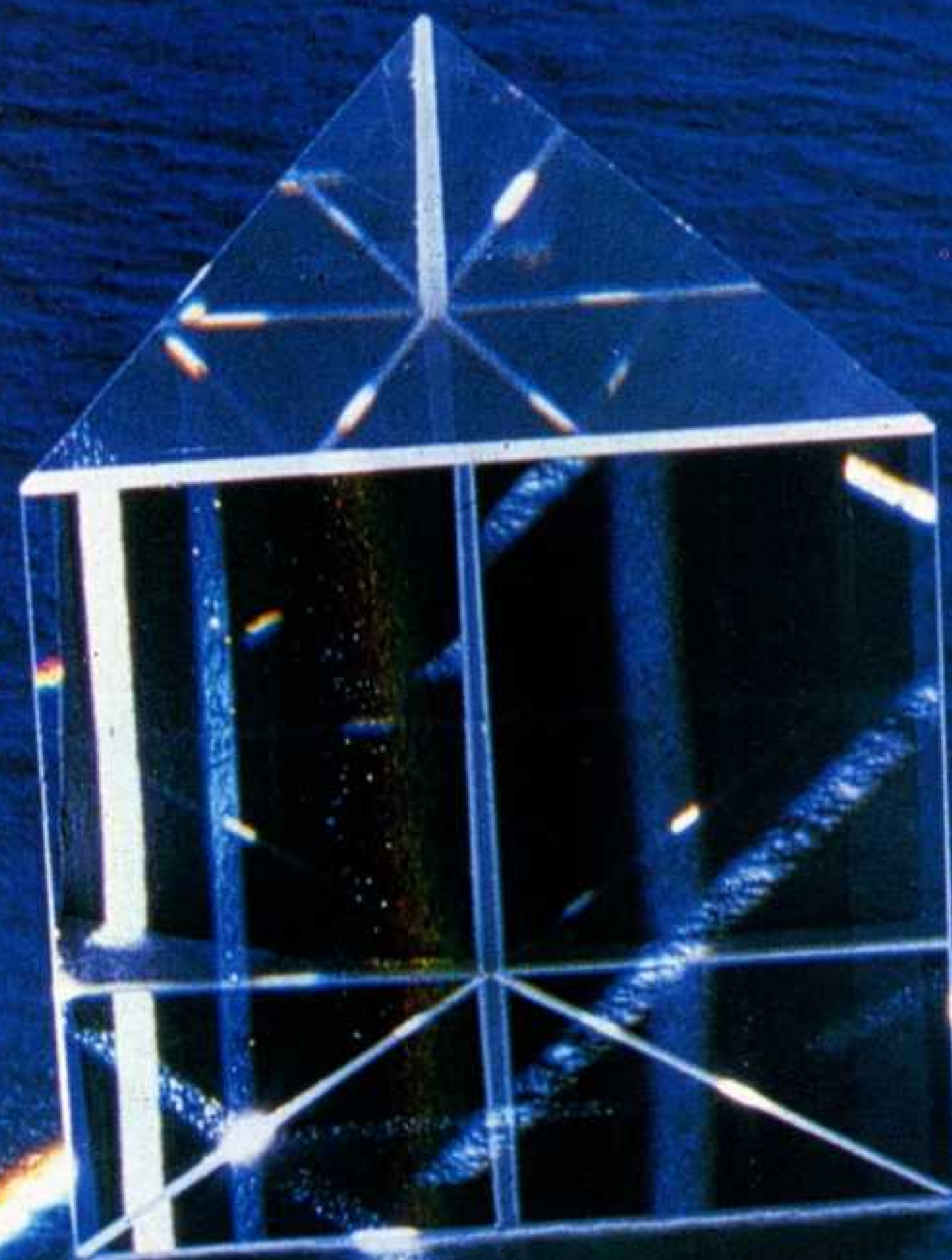
La principal virtud del índigo estriba precisamente en su escasa resistencia a los lavados debido a su naturaleza molecular. En lugar de unirse químicamente con las fibras de algodón, se coloca entre las cadenas de celulosa que forman las fibras, pudiendo ser eliminado parcialmente por lavados enérgicos. Por otro lado, es excepcionalmente estable en el tiempo, algo comprobado por los arqueólogos, que han hallado telas muy antiguas todavía bien teñidas.

El índigo debe su nombre al término latino *índicum* (o lo que es lo mismo, *que proviene de la India*) y se extraía de la *indogófera tinctoria*, una planta leguminosa. Se han encontrado alusiones a su proceso de extracción en documentos sánscritos y en el Antiguo Testamento, donde se cita el colorante *blutekhelet*, identificado como el índigo en estudios recientes, aunque parece ser que era obtenido a partir de un molusco marino. El escritor y científico latino Plinio el Viejo (siglo I d.C.) mencionaba al índigo cuando hablaba de la pintura, y sugería un método para que los comerciantes no mezclasen este valioso colorante con arcilla u otros materiales considerados innobles.

continúa en pág. 88 →



O





DE ORIGEN VEGETAL Usado por los egipcios para teñir las telas de sus reyes, el índigo se extraía de la leguminosa *indigofera tinctoria*, cuyas hojas maceradas liberaban por fermentación un líquido incoloro y soluble que, agitado con cañas de bambú y al contacto con el oxígeno del aire, se transformaba en una mezcla insoluble de color azul. Los romanos lo utilizaban para colorear la pintura, como sombra de ojos y ungüento medicinal, pero no lo emplearon para teñir tejidos, porque no sabían disolverlo.

Química | Un azul tan antiguo como el mundo

Según cuenta Julio César en *La Guerra de las Galias*, los guerreros de Bretaña usaban el índigo para pintarse el cuerpo de azul y así atemorizar a sus enemigos. El origen vegetal de este colorante se mantuvo, sin embargo, en secreto por sus productores y no llegó a occidente hasta tiempos recientes.

Su origen vegetal fue guardado en secreto durante varios siglos

▶ Usado para pintar

Las hojas recolectadas de la *indigófera tinctoria* se maceraban en agua, liberándose por fermentación un producto incoloro y soluble. El líquido resultante se agitaba con cañas de bambú y su superficie se golpeaba para facilitar el contacto con el aire. Esta mezcla, que gradualmente se volvía azul, se dejaba reposar durante un par de horas, formándose el índigo que, al ser insoluble, se sedimentaba en el fondo originando una especie de barrillo oscuro. Más tarde, se separaba y se cocía, de forma que el calor desactivaba las enzimas e impedía posteriores fermentaciones.

En época de Plinio, los romanos utilizaban el índigo como pigmento para preparar pinturas, como sombra de ojos y medicamento, pues era un óptimo cicatrizante. Pero curiosamente no conocían su aplicación para tintar tejidos, ya que no eran capaces de disolverlo (si en lugar de ser disuelto, se emulsiona, el polvo colorante se desprende cuando se seca la tela).

Tendrían que pasar varios siglos para que los europeos aprendieran el tratamiento químico capaz de disolver el índigo y hacerlo penetrar en las fibras.



COLOR REAL. La reina siria Zenobia (siglo III d.C): el azul de sus vestidos procedía del índigo.

▶ Una síntesis química

La planta *indigofera tinctoria* se difundió con éxito en América poco después de la colonización. Hasta finales del siglo XVIII, desde el puerto de Charleston (Carolina del Sur), zarpaban cada año 500 toneladas de este tinte hacia Europa. Precisamente fue en América donde el índigo vivió una segunda juventud cuando se empezó a utilizar para teñir unos pantalones llamados *jeans*, hechos de una tela vul-

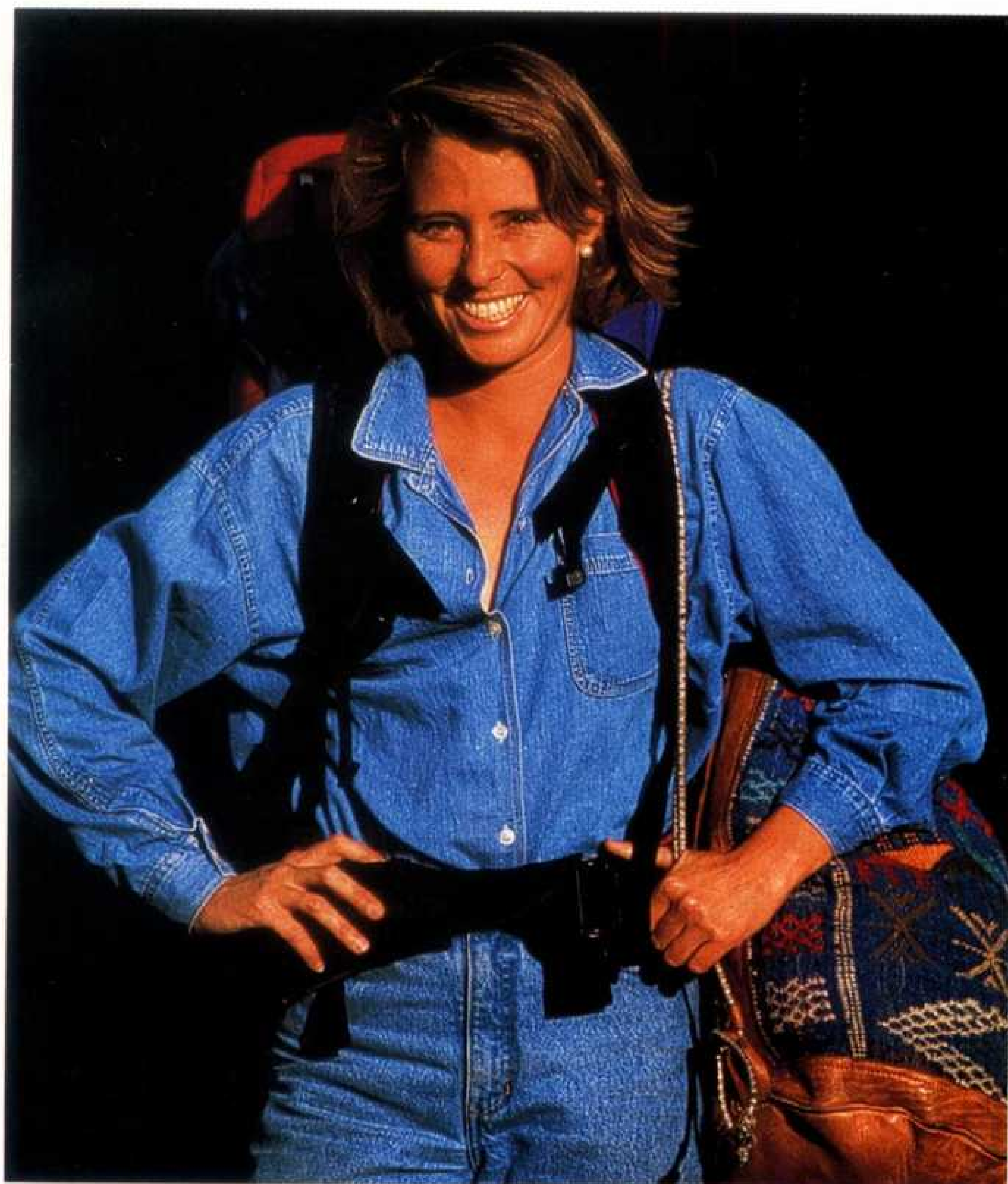
continúa en pág. 90 →

En la industria del automóvil

Un color para cada país



• **Una acertada** gama de colores puede ser determinante en el éxito de un automóvil. Por este motivo, la industria de los barnices realiza amplios estudios sobre las tendencias y los gustos de los usuarios. El problema es que en cada nación están de moda colores diferentes. Pocos conductores italianos se inclinarían por el morado –color que asocian a la muerte– y muchos japoneses se decantan por el gris metalizado. En estos momentos, el *beige* está muy de moda en Estados Unidos, pero muy poco solicitado en Europa. En Alemania, han bajado bastante el negro y el gris, y suben el anaranjado y el verde. También en Europa, l a obligatoriedad en muchas ciudades de que los taxis sean blancos ha marcado la caída de este color en las preferencias de los automovilistas.





SIEMPRE DE MODA
Los bereberes (pueblo nómada del Magreb) han elegido el índigo para el color de sus túnicas, aunque hoy este colorante se asocia, sobre todo, con las prendas vaqueras, diseñadas a finales del siglo XIX para los trabajadores y que se convirtieron en un atuendo presente en casi todos los armarios del mundo.

gar y resistente, apropiada para obreros y mineros. Su producción la inició en Estados Unidos, en 1850, Oscar Levi-Strauss, fundador de la industria más famosa de pantalones vaqueros.
Mientras tanto, en Alemania, el químico Adolf von Baeyer (premio Nobel en 1905) trabajaba estrechamente con la industria de colorantes Badische Anilin und Soda Fabrik (hoy conocida por las siglas BASF) para demostrar, primero, cómo estaba formada la molécula del índigo (1883) y poner en marcha, después, el primer procedimiento para su síntesis industrial, lo que se consiguió hace poco más de un siglo (1897).

la púrpura

El distintivo de los emperadores romanos

• **El índigo** está estrechamente emparentado con la púrpura, un antiquísimo colorante descubierto por los fenicios y usado más tarde en el manto de los emperadores romanos. Desde el punto de vista químico, la púrpura es un *dibromo-índigo* que ya se usaba para teñir los tejidos a comienzos de la era cristiana. En líneas generales, el mismo procedimiento utilizado entonces, conocido como *proceso en tinaja,* se usa hoy : el colorante se hace soluble en presencia de ciertas sustancias que los químicos llaman reductores y, aunque la disolución es incolora, la tela blanca que ha sido sumergida en este líquido se tiñe al entrar en contacto con el aire, pues el oxígeno regenera el colorante.

▶ La conquista del mercado

Comenzó así una durísima carrera para hacerse con un mercado que se antojaba muy rentable. Los ingleses defendieron sus intereses en el comercio del índigo de origen vegetal pero, en 1912, las importaciones de su producto en Europa ya habían descendido hasta el 5% respecto a las de 1897, mientras que las fábricas alemanas estaban desbordadas por los pedidos. En el verano de 1916, el sumergible Deutschland armó un gran escándalo cuando llegó al puerto del Baltimore y rompió el bloqueo al que estaba siendo sometida la Alemania de Bismarck. Llevaba a América, todavía neutral en el conflicto que desde hacía dos años padecía Europa, numerosas medicinas y colorantes sintéticos, entre los que se encontraba el índigo.
En aquella época, la industria química aún estaba muy poco desarrollada en el nuevo mundo pero, 20 años más tarde, la situación cambió. Comenzaron a utilizarse en Estados Unidos nuevos colorantes para el teñido de fibras de algodón, como el azul indantreno R.S., mucho más resistente que el índigo. Se inició así la decadencia de su popularidad. El viejo colorante de los faraones parecía condenado a desaparecer para siempre. Pero poco después de la última gran guerra, se pusieron de moda los vaqueros descoloridos y el índigo resucitó de sus cenizas. En la actualidad, se le augura larga vida, pues hoy es el colorante preferido para utilizar en estas prendas que nunca pasan de moda.

LAS RELIGIONES. Un diccionario para saberlo todo acerca de las grandes religiones actuales. Un total de 1.200 entradas y más de 2.000 imágenes permiten aproximarse al fenómeno teológico (Lodisoft).

SECCIÓN COORDINADA POR JOSEP MARIA ESCOFET

El mundo, visto por un simpático escarabajo

Su ADN ha perdido el control de la estructura molecular y le ha convertido en un bicho. Tan kafkiano argumento es el punto de partida de *Bicho*, un divertido programa para todos los públicos que se adentra con desparpajo, imaginación y pocas pretensiones en el mundo de los insectos. *Bicho* nos convierte en un vulgar escarabajo y nos desafía a sobrevivir en el comedor de una familia de clase media. Un apacible lugar que, visto a ras de suelo, se convierte en un mundo fascinante y peligroso. El juego también incluye una desenfadada enciclopedia de los insectos que conjuga la divulgación con el buen humor y un delirante laboratorio que permite crear y dar vida a nuevos y aberrantes bichos. Todo ello, en un cuidado y atractivo entorno gráfico que ha sido reconocido con un premio Laus de diseño.



Bichos
Filloa Records
4.950 pesetas

Los creativos nacionales, al frente

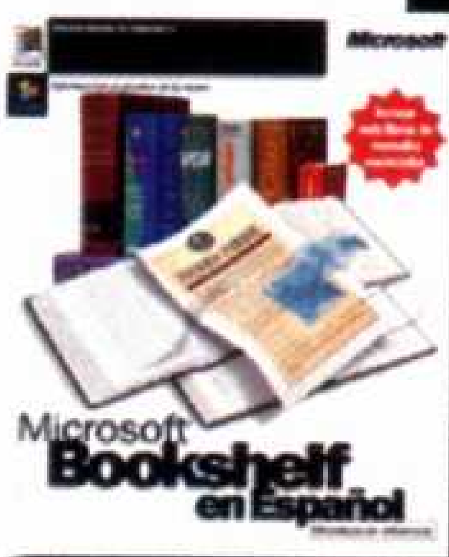
Es un simulador bélico que pretende reinventar la estrategia por ordenador con un innovador sistema de juego y un asombroso entorno gráfico en tres dimensiones. El programa nos cede el mando de una patrulla de soldados en una Europa virtual sacudida por la II Guerra Mundial. Pero a diferencia de otros títulos llegados al mercado, aquí no hay grandes batallas ni movimientos rutinarios de tropas. En *Commandos* el jugador sólo controla seis personajes, que cuentan con una personalidad propia. De la intuición e inteligencia con que movamos cada una de las piezas dependerá el éxito de las distintas misiones a las que nos reta el juego. Tras las trincheras de este ambicioso proyecto se oculta Pyro Studios, un joven ejército de programadores españoles que ha contado con 150 millones de presupuesto para intentar lograr el mejor videojuego de su género.



Commandos, behind enemy lines
Proein Software
6.990 pesetas

Escritorio digital

Las tareas de redacción se facilitan con *Bookshelf 98*, un programa que recoge las herramientas habituales de quien escribe con más o menos frecuencia. *Bookshelf* incorpora al entorno Windows un diccionario de la lengua española, un diccionario inglés/español, un glosario de sinónimos y antónimos, una recopilación de 900 citas, una cronología universal y un atlas mundial.



Bookshelf 98
Microsoft
14.990 pesetas

Inventario de inventos

Para el reloj que minuta la evolución de la Humanidad, los grandes inventos son horas puntas que han marcado con brío los avances de la Historia. Desde la Edad de Piedra hasta nuestros días, la *Enciclopedia de la Ciencia y la Tecnología* viaja por el tiempo a través de los inventos más importantes del hombre: desde las primeras y torpes herramientas del Paleolítico hasta el sofisticado y poderoso telescopio Hale. Un fascinante peregrinaje de más de 3.000 años por los hallazgos más relevantes y los grandes inventores de la Historia. La rueda, el compás, la imprenta, la calculadora, la televisión, el ordenador, Internet, Pascal, Gutemberg o Edison son paradas obligadas en este gran museo virtual que recoge más de 1.500 innovaciones quehan cambiado el curso del tiempo.

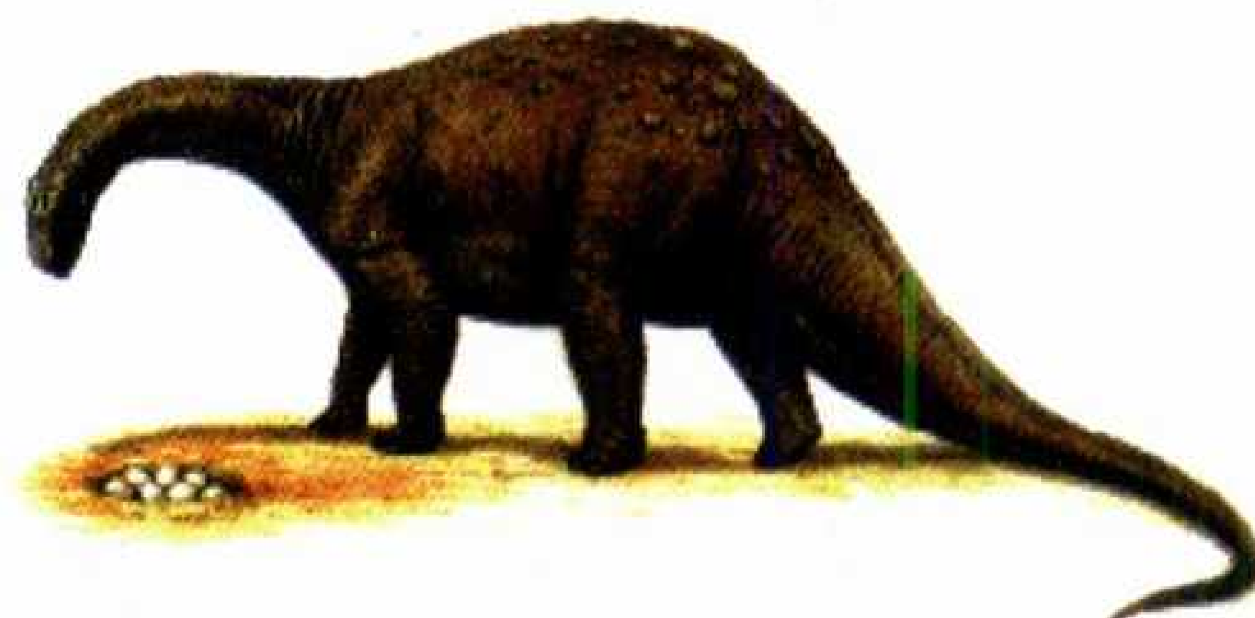


Enciclopedia de la Ciencia y la Tecnología
Anaya Interactiva
5.490 pesetas

Jurásicos puestos al día

Se extinguieron hace millones de años pero siguen en boga. La fascinación por los dinosaurios no desfallece e *Historia Natural de los Dinosaurios* se suma a la larga lista de productos jurásicos. Y aunque esta enciclopedia virtual también promete un viaje de 230 millones de años en busca del mundo perdido, sus mayores atractivos son el rigor y la sobriedad. Cómo eran, cómo vivían y por qué estas criaturas prehistóricas desaparecieron de la tierra: bajo la batuta del Departamento de Paleontología de la Universidad Autónoma de Madrid, *Historia Natural de los Dinosaurios* responde a las grandes cuestiones de la paleontología y censa la familia de saurios con afán científico y apego al dato. Como amena concesión a la trivialidad, el programa también repasa a través de 24 películas la fértil relación existente entre los dinosaurios y el Séptimo Arte.

Historia Natural de los Dinosaurios
Tryo Edición Digital
4.990 pesetas





PRUEBAS SOBRE LA VÍA
En la línea experimental de Yamanashi se está probando el tren de levitación magnética Maglev, con el objetivo de alcanzar una velocidad de crucero de 500 kilómetros por hora. Los ensayos (izquierda), continuarán hasta 1999. Según lo planeado, este tren iniciará el primer servicio comercial en trayectos cortos dentro de dos años.
En Alemania ya se está construyendo la línea Hamburgo-Berlín, que entrará en funcionamiento en el 2005.

Maglev, el tren del siglo XXI

▸ Circulará a 500 kilómetros por hora entre Tokio y Osaka. Lo hará levitando a 10 centímetros sobre un raíl magnético. Este 'tren bala', que tardará sólo una hora en recorrer la distancia que separa a las dos ciudades japonesas, entrará en funcionamiento a mediados del año 2000

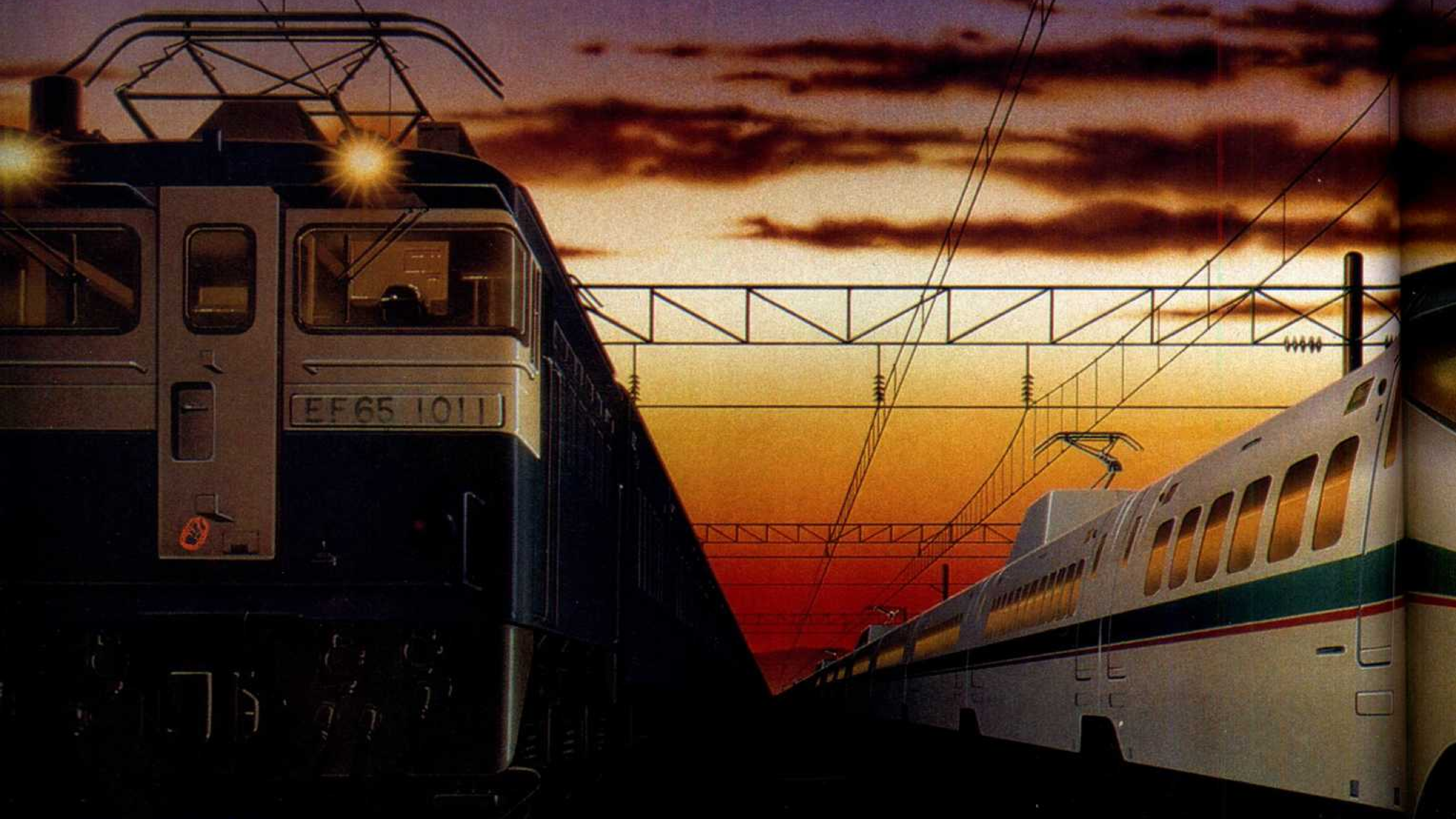
POR HIRAISHI YOSHIAKI, DEL INSTITUTO JAPONÉS DE INVESTIGACIÓN SOBRE TRANSPORTES

El nombre será lo único que conserve. El ferrocarril del futuro perderá hasta el hierro de las vías, que serán suprimidas o sustituidas por un solo raíl. El *supertren* tampoco tendrá un motor tradicional y, además, no rozará el suelo, sino que *volará* a unos 10 centímetros de distancia. Así circularán, a partir del año 2000, los trenes de lujo japoneses. En sólo una hora recorrerán los 500 kilómetros que separan Tokio de Osaka. Y a partir del año 2005 los viajeros que se desplacen de Hamburgo a Berlín, también experimentarán esa velocidad, siempre y cuando el desgraciado accidente sufrido por un tren Intercity Express el pasado 3 de junio en la localidad de Eschede provoque un cambio de planes.

Todo ello será posible gracias a los trenes de levitación magnética, los Transrapid, que, tras 30 años de investigación y muchos obstáculos, han visto la luz en Alemania. A simple vista parecen trenes de alta velocidad, pero sólo su carrocería se asemeja a la de un tren pendular o a la del AVE. El resto cambia por completo. *Newton* le invita a subir al tren del tercer milenio.

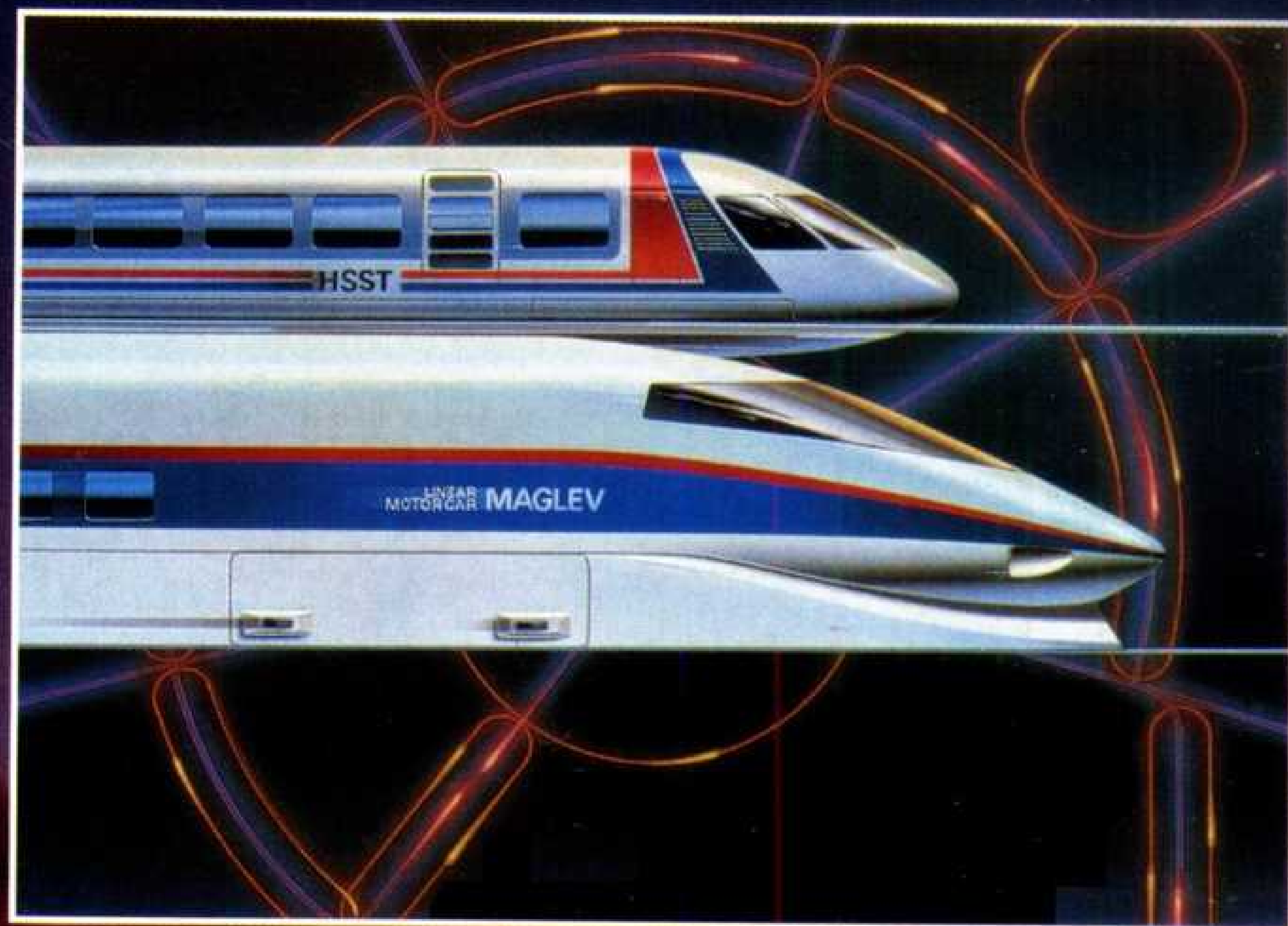
Más rápidos, más seguros

En los años 60, Japón superó el récord de los 400 kilómetros por hora con el tren de alta velocidad Shinkansen, que circulaba sobre raíles impulsado por un motor eléctrico. El TGV francés batió, en 1991, el récord de los 500 kilómetros por hora y consiguió llegar, en algunos intervalos, a los 515 kilómetros. Ambos eran trenes de tipo convencional y necesitaban la presencia de un maquinista. Pero el récord absoluto lo ostenta un *supertren* japonés de levitación magnética. El 12 de diciembre de 1997, un Maglev sin equipaje, pilotado con un mando a distancia, superó la barrera de los 530 kilómetros por hora.
Aparentemente, las prestaciones de estos dos tipos de trenes de alta velocidad, los tradicionales sobre raíles y los de levitación magnética, son semejantes. Pero las diferencias se hacen enormes cuando se considera el transporte comercial de pasajeros. Por una serie de motivos (seguridad, ruido, oscilaciones, vibraciones...), los trenes de alta velocidad sobre raíles mantienen, en la actualidad, una media de 300 kilómetros por hora. De los *supertrenes* Maglev se espera una velocidad de crucero de 500 kilómetros por hora, ligeramente inferior a su velocidad punta. Y todo ello sin disminuir un ápice la seguridad de estos trenes, muy alta pese a la tragedia de Eschede.
Desde 1962, se investiga en Japón el desarrollo de trenes de levitación magnética, que utilizan la atracción y la repulsión de electroimanes de polaridad opuesta para sostenerse en el aire y producir fuerza



AYER, HOY, MAÑANA
Evolución de los trenes en el último medio siglo. A la izquierda, un electrotrén de los años 50. A la derecha, un tren de alta velocidad tradicional, con motor eléctrico y raíles. En el recuadro superior, dos prototipos de trenes japoneses de levitación magnética, antecedentes del Maglev.

motriz. La ausencia de vías comporta muchas ventajas: mayor velocidad, reducción de ruidos, vibraciones y oscilaciones, así como un impacto ambiental inferior al de un avión.
El problema reside en la enorme cantidad de energía eléctrica necesaria para sostener en el aire, aunque sea a pocos centímetros del suelo, un tren de 10.000 kilos. La energía que mueve un tren tradicional del mismo peso debe multiplicarse por 40 para realizar este trabajo.
Los estudios sobre los campos magnéticos superconductores han resuelto, en buena medida, este obstáculo. Se centran en el principio de la superconductividad, gracias al cual se anula la resistencia eléctrica de las envolturas y toda la energía eléctrica del sistema se reutiliza sin pérdida alguna.



El HSST, UNA SAETA DE 1978
Arriba, el primer tren japonés de levitación magnética, llamado HSST (*High Speed Surface Transport*). Utilizando electroimanes tradicionales, alcanzó los 307.8 kilómetros por hora en 1978. Abajo, el primer ejemplar de tren de superconductores, de 1977. El Maglev representa el último eslabón de su evolución.

Una máquina que 'vuela'

El corazón del Maglev lo forman dos grupos de electroimanes superconductores. Uno va colocado junto a los vagones, en el lugar del raíl, y el otro, por debajo. El primero interactúa con otros electroimanes situados sobre las paredes de un carril en forma de 'U', en cuyo interior se mueve el tren. Los electroimanes del carril crean un campo fluctuante sincronizado con la velocidad del tren, proporcionando alternativamente una fuerza de atracción y de repulsión con los electroimanes de los vagones, para imprimirles el impulso horizontal. El otro grupo interactúa con los electroimanes colocados sobre el fondo de la 'U' del carril y, de esta forma, el tren recibe el impulso que lo mantiene elevado sobre el suelo.

Los electroimanes están fabricados con una mezcla de niobio y titanio y, con el fin de que conserven la propiedad superconductora, deben mantenerse a un temperatura de 269 grados centígrados bajo cero. Sumergidos en helio líquido, se mantienen a baja temperatura a través del sistema criogénico que lleva el tren a bordo.

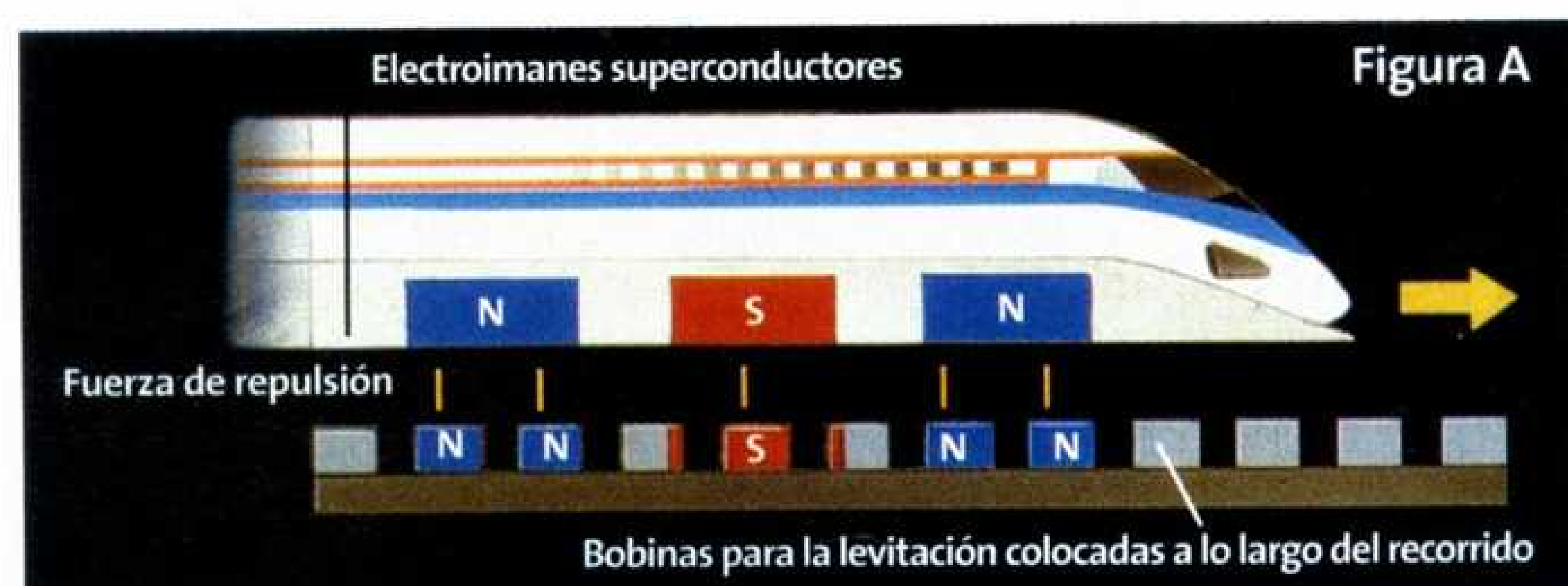
Los superconductores deben mantenerse a 269 grados bajo cero

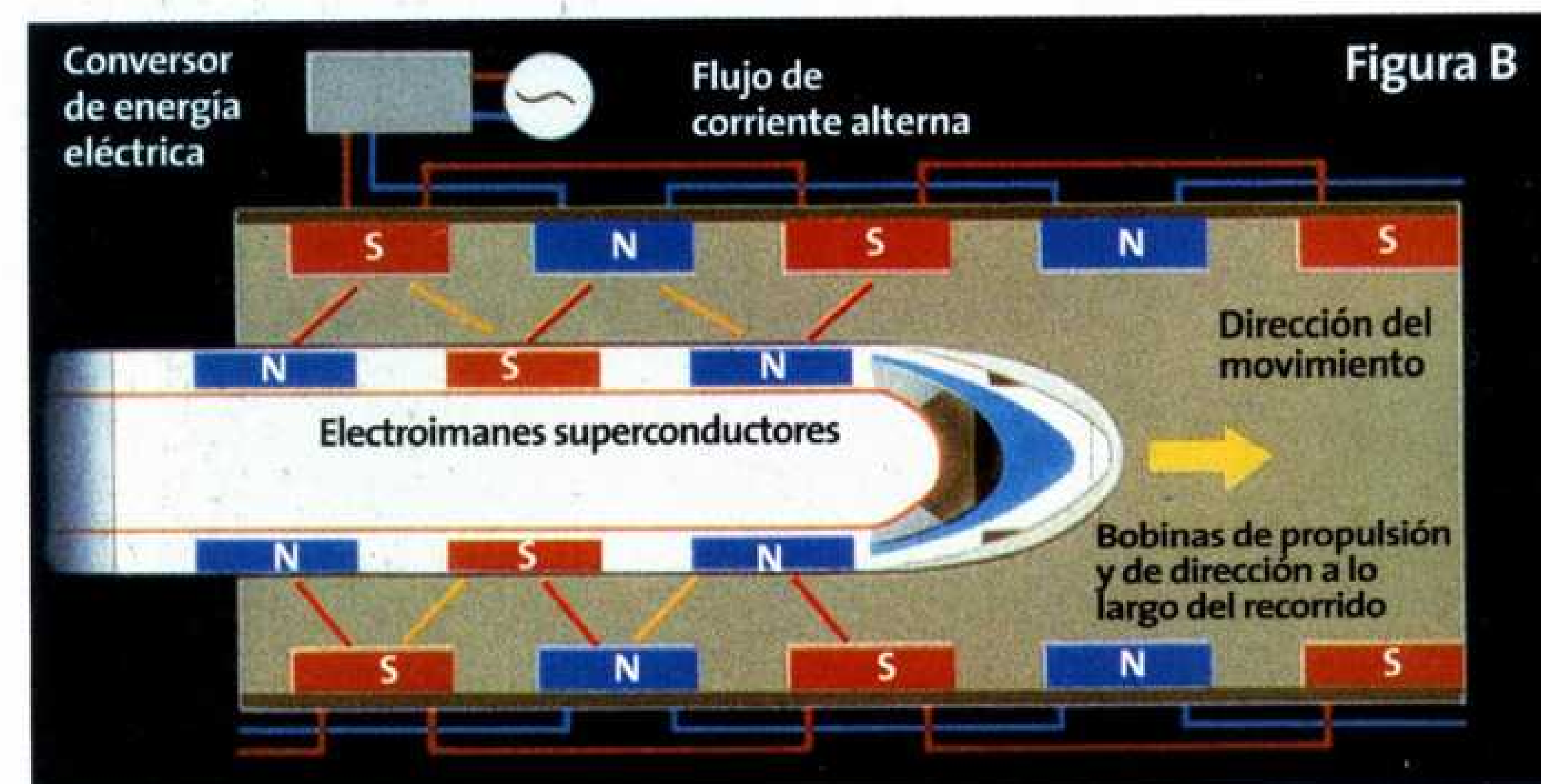
Mucho más compleja que la propulsión es la levitación del Maglev. En efecto, el tren tiene que situarse exactamente 10 centímetros por encima de los raíles. Cualquier obstáculo, por pequeño que fuera, pondría en peligro su estabilidad. Los ingenieros del ferrocarril japonés han resuelto el problema utilizando los campos magnéticos. Los electroimanes colocados en el fondo del raíl son de la misma polaridad que los situados en el tren, con lo cual siempre se repelen. Si por cualquier motivo el tren se eleva por encima de los 10 centímetros, se coloca en una zona más débil del campo magnético generado por el raíl y recibe una fuerza

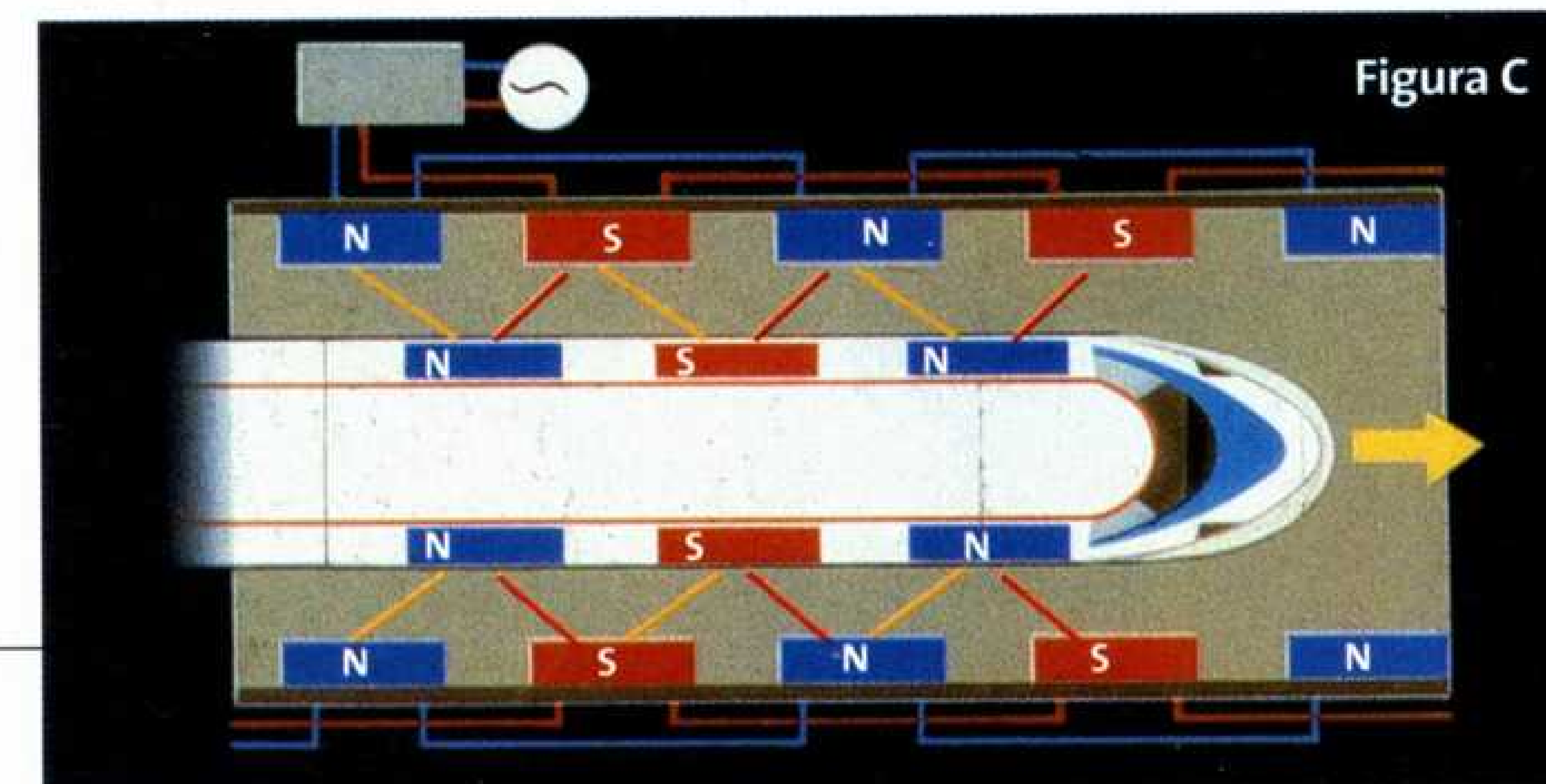
Una fuerza lo eleva, otra le imprime movimiento

• El principio de levitación.
Los electroimanes superconductores del tren avanzan a gran velocidad sobre las bobinas colocadas en el fondo de la vía férrea, y, por inducción magnética, generan un flujo de energía eléctrica en éstas **(Figura A)**. Si se sincroniza la polaridad de los electroimanes de las bobinas con la de los situados en el tren, se produce entre ellos una fuerza de repulsión que provoca la elevación del tren sobre el suelo.

• El principio del movimiento
El flujo de corriente alterna, que pasa a través de las bobinas situadas a ambos lados del recorrido, las transforma en electroimanes que, gracias a su interacción con los imanes superconductores de los que está dotado el tren, hacen que éste se mueva. Tal y como muestra la **figura B**, el tren se desplaza hacia delante porque su electroimán de cabeza, que presenta una polaridad norte (N), es atraído por el electroimán de la vía férrea colocado más adelante, con polaridad sur (S). Al mismo tiempo, sufre el rechazo del electroimán de la vía que se encuentra detrás, ya que éste tiene una polaridad norte. Cuando el tren alcanza una posición como la que se representa en la **figura C**, se invierten las direcciones de los flujos de energía eléctrica que discurren por las bobinas. La bobina que antes presentaba una polaridad norte se convierte en sur y viceversa. De esta forma, el tren continúa su camino a causa de la contraposición de los polos electromagnéticos. Según la velocidad del tren, se regulan, por medio de conversores de energía eléctrica, la frecuencia y el voltaje del flujo de corriente alterna que pasa a través de las bobinas.







En el gráfico, la fuerza de repulsión tiene color amarillo; la de atracción, rojo.

sobre electroimanes

de levitación menor. Esto lo impulsa a bajar a la distancia establecida. Si, por el contrario, se acerca demasiado al raíl, se encuentra con una resistencia mayor del campo magnético y recibe una fuerza de repulsión superior a la normal, que tiende a colocarle en la distancia correcta.
Este sistema permite que no sea necesario un control de la distancia de suspensión, como ocurre en el Transrapid alemán. Este tren tiene, además, una tolerancia mínima en lo que se refiere a la distancia entre los vagones y el raíl: un centímetro, con una separación no superior a 0,6 centímetros lateralmente y 0,3 verticalmente.
Sin embargo, la velocidad del Maglev japonés plantea otros problemas. Por ejemplo, ¿qué pasa cuando dos trenes se encuentran? La velocidad relativa entre los dos trenes, 1.000 kilómetros por hora, provoca corrientes de aire muy peligrosas. La única solución, por ahora, consiste en parar un convoy mientras pasa el otro.

Como un avión

• **El Maglev** japonés tiene más elementos en común con los aviones que con los trenes tradicionales. La mayor parte de sus sistemas y las tecnologías empleadas en su construcción son de procedencia aeronáutica.

• **Sistema de ventilación**
Asegura la presurización de los vagones para eliminar el efecto que produce en los oídos el cambio de presión cuando el tren entra en un túnel.

• **Puerta corredera hacia arriba**
Las puertas han sido diseñadas para asegurar el espacio de los pasajeros y para mantener en el interior del vagón la presión atmosférica normal.

• **Frenos.** Los frenos principales transforman la variación de energía cinética del tren en energía eléctrica para alimentar los electroimanes. Están integrados por frenos de disco y de aire y por lastres externos que, accionados, aumentan la resistencia aerodinámica del tren (o del avión).

• **Batea y 'tren de aterrizaje'.** La batea sobre la que está instalado el superconductor transmite a todo el vagón la fuerza de levitación y la fuerza motriz producidas por los electroimanes. El Maglev posee un *tren de aterrizaje*, formado por una aleación de aluminio y unas ruedas que salen de la carrocería para mantener el convoy a baja velocidad.

• **Electroimanes superconductores**
Proporcionan un potentísimo campo magnético. Entre las bobinas instaladas en el tren y las de los raíles, se produce la fuerza necesaria para dar las curvas, la motriz y la de levitación.

• **Carrocería.** En la carrocería se emplea una aleación de aluminio y litio, de procedencia aeronáutica, para aligerar el peso del tren y aumentar la resistencia estructural. Una primera versión del tren de aleación de magnesio fue completamente destruida por un incendio en 1991, ya que este material es altamente inflamable.

Otros proyectos

Un túnel de miles de kilómetros

Actualmente, se están estudiando diferentes sistemas de transporte de alta velocidad: trenes que discurren por el interior de galerías tubulares gracias a efectos de aspiración, aire comprimido o, incluso, propulsores a reacción. Pero, por ahora, no se han conseguido buenos resultados. El Planetrain, un proyecto de Estados Unidos, requiere la construcción de un tubo de 6.000 kilómetros que una Nueva York y Los Angeles. Sus costes energéticos son muy reducidos, ya que podría circular a alta velocidad con una resistencia aerodinámica muy pequeña, gracias a la realización de galerías despresurizadas con niveles cercanos al vacío. Su utilización supondría un enorme ahorro energético: a paridad de carga, su consumo equivaldría al 2 ó 3% del que conlleva el transporte aéreo. La línea principal uniría Los Angeles y Nueva York, vía Dallas, con ramificaciones hacia Chicago y otros centros comerciales del país.



Menor impacto ambiental

A comienzos del siglo XXI, el transporte ferroviario de levitación magnética será una realidad, al menos en Alemania y Japón. Pero, como ha pasado en España con el AVE, las reacciones de los grupos ecologistas por el impacto ambiental de estas líneas no se harán esperar. No se centrarán en las repercusiones de las infraestructuras o en el impacto acústico (los Maglev serán mucho más silenciosos que los trenes tradicionales) sino en los efectos derivados, por ejemplo, de los fortísimos campos electromagnéticos que se generan entre el convoy y los raíles.

Por este motivo, los trenes japoneses dispondrán de una carrocería aislada que protegerá a los pasajeros. Incluso se están estudiando proyectos de líneas férreas absolutamente subterráneas para estos trenes. Uno de ellos prevé una travesía por Suiza y otro, un recorrido de costa a costa por Estados Unidos.

Razones económicas impiden asegurar el desarrollo de estos proyectos, aunque las inversiones para construir las galerías no influirían sustancialmente en el resultado final, dado el alto coste de una línea de levitación magnética (la Hamburgo-Berlín, por ejemplo, costará 8.600 millones de pesetas).

Por otra parte, muchos expertos sostienen que los trenes de levitación magnética serían rentables incluso en líneas subterráneas y al vacío, ya que ofrecen un ahorro energético considerable gracias a

Las galerías subterráneas son el hábitat natural de los nuevos supertrenes

la disminución de la resistencia aerodinámica. Además, garantizan un impacto ambiental casi nulo y un nivel de seguridad mucho mayor, ya que no producen oscilaciones y el viento o los golpes de aire provocados por el cruce de dos trenes no les afectan.

Estas hipótesis han sido confirmadas por un estudio del Instituto para el Análisis aplicado de los Sistemas (IASA) de Laxenburg, cerca de Viena. Una investigación dirigida por el italiano Cesare Marchetti ha demostrado que las líneas del Maglev con recorridos inferiores a los 30 minutos (200 kilómetros aproximadamente) absorberían la demanda de trenes de largo alcance que existe entre las diferentes ciudades. Estos trenes transportarían funcionarios y empresarios de una a otra ciudad en sólo una hora y media. Un desafío para el futuro que, en el plano económico, parece tener la rentabilidad asegurada.

Superconductores,

En busca de nuevos materiales

La característica más importante de los superconductores es que su resistencia al paso de la corriente eléctrica es igual a cero. Este fenómeno se produce en algunos tipos de metales (sobre todo titanio, vanadio, cromo, hierro y níquel), cuando se encuentran a temperaturas extremadamente bajas. En los conductores normales, buena parte de la energía eléctrica que los atraviesa se transforma en calor a causa de la resistencia y, por tanto, se pierde. En cambio, en los superconductores, la resistencia es prácticamente nula. De esta forma, la corriente eléctrica, una vez accionada, podría, en teoría, circular eternamente. O sea, si en un circuito, formado por un electroimán (una bobina por la que pasa corriente eléctrica, lo que genera un campo electromagnético) fabricado con materiales superconductores, se introduce una corriente, ésta continuaría fluyendo y mantendría el campo electromagnético indefinidamente.

En realidad, algunas pérdidas son inevitables, por lo que, en la práctica, no se produce ese *movimiento perpetuo.* Además, hay que gastar energía para mantener los superconductores a la temperatura (269 grados centígrados bajo cero) en la que se verifica el fenómeno.

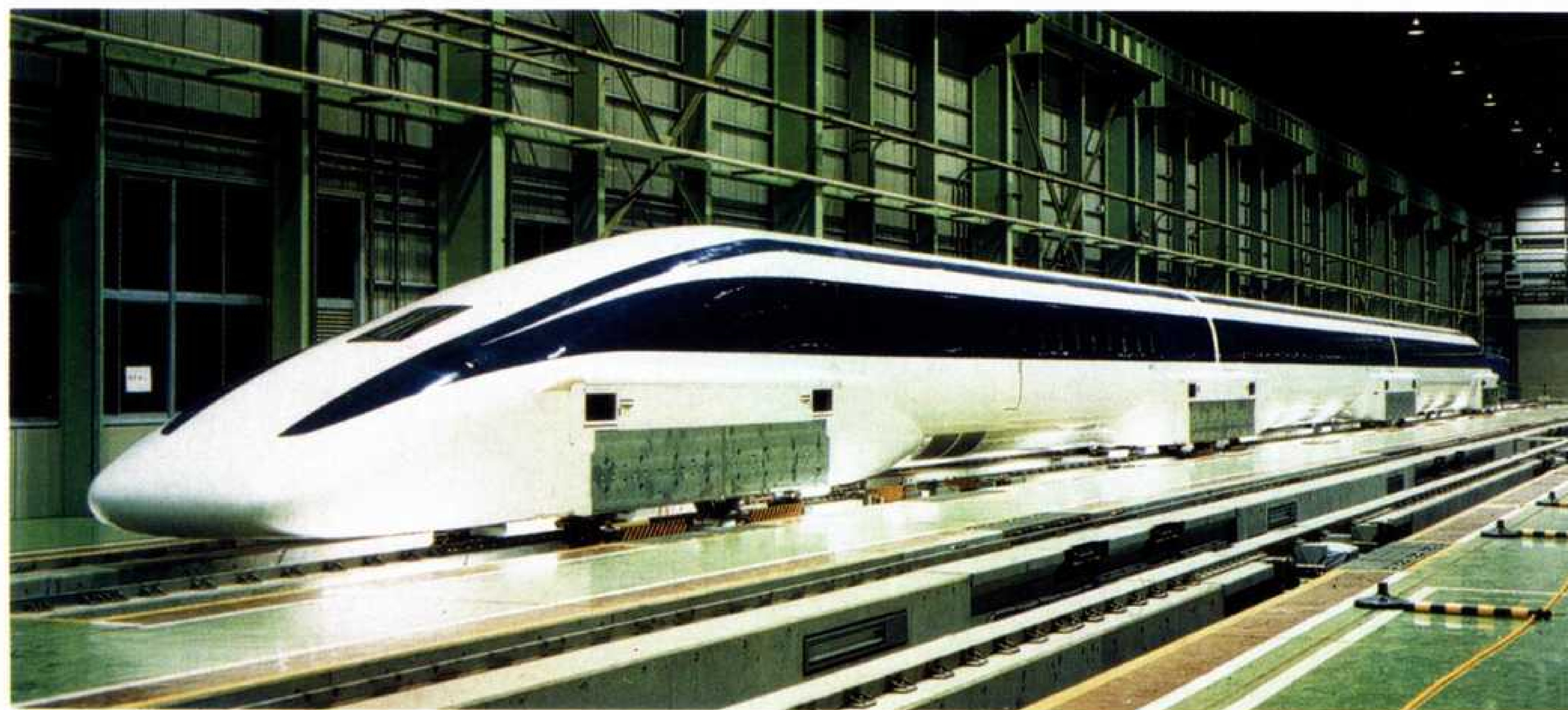
A partir de los años 80 se han descubierto nuevos materiales que se comportan como superconductores a temperaturas más cercanas a las ambientales. Actualmente, están en marcha muchas investigaciones en todo el mundo para realizar superconductores basados en dichos materiales, que, a diferencia de los tradicionales, no necesitan sistemas de enfriamiento.

El fenómeno de la superconductividad, descubierto en 1911 por el científico holandés Heike Kamerling Onnes (1853-1926), permaneció sin explicación durante décadas. La teoría más acreditada para describirlo se llama teoría BCS, y fue propuesta casi medio siglo después, en 1957, por los físicos John Bardeen (uno de los inventores del transistor), John Schrieffer y Leon Cooper. Según esta teoría, la corriente eléctrica es un flujo de electrones libres alrededor de iones metálicos, es decir, átomos que tienen un exceso de carga positiva. La resistencia a la electricidad se produce porque los iones interrumpen el flujo de los electrones a causa de la oscilación térmica de los propios átomos y por las imperfecciones de su disposición en el espacio.

En el caso de los superconductores, los electrones se unen de dos en dos, formando las *parejas de Cooper.* Cada una de ellas se comporta como una sola partícula. Los electrones superconductores, reunidos en uno, pueden así deslizarse sin tener que enfrentarse al obstáculo de los iones metálicos, como si de un líquido se tratase. Se neutraliza, de hecho, cualquier elemento que pueda causar resistencia a la electricidad. 

DOS DISEÑOS EN PERIODO DE PRUEBA

El Maglev tiene, por ahora, dos configuraciones de la parte delantera. Una en forma de 'S' de doble cúspide (arriba), y otra en forma de cuña redonda (a la derecha). Estos dos diseños, elegidos tras una serie de exámenes por ordenador y de ensayos reales, serán sometidos a pruebas ulteriores, siempre en busca de la forma más aerodinámica. En la parte frontal de los prototipos de las fotos, pueden apreciarse los electroimanes superconductores de color plateado.





LAS FORMULAS DEL SUSCRIPTOR

NEWTON X 12 = 3.150 PTAS.
NEWTON X 6 = 1.575 PTAS.

Descubra una de nuestras fórmulas llamando al

902 363 902

Suscríbase al espectáculo de la ciencia

Usted ya nos conoce y ha descubierto en nuestras páginas contenidos, secciones e imágenes presentadas de un modo absolutamente innovador.

Si su pasión es la ciencia, sus novedades y tendencias, le invitamos a suscribirse a Newton.

Newton le ofrece las mejores fórmulas para descubrir, mes a mes, el espectáculo de la ciencia.

Durante los próximos 6 ó 12 meses disfrutará de la más completa información sobre la actualidad del mundo científico con un ahorro superior al 20% sobre el precio de venta habitual de la revista.

Todo con la comodidad de recibir su ejemplar mensual en la dirección que nos indique, incluso en vacaciones, y la seguridad de no perderse ningún ejemplar.

Aproveche esta oportunidad, ahora es tan sencillo como llamar al **902 363 902** e indicarnos sus datos personales y la dirección en la que desea recibir sus ejemplares.

- Datos personales del titular/es de la suscripción
- Periodo de suscripción (6 ó 12 meses)
- Forma de pago que elige:
  - Domiciliación bancaria (indicando su número de cuenta y datos de la entidad)
  - Cargo en su tarjeta de crédito (VISA O AMEX)

NEWTON ES UN REGALO ESPECTACULAR

Regálese o regale una suscripción a Newton. Es el obsequio perfecto para jóvenes, estudiantes, profesionales y en general para todos los amantes de la ciencia.

Newton
El espectáculo de la ciencia
SIGLO XXI

Vacunarse frotando la piel

Frotar la piel con un algodón será lo único que tengamos que hacer para vacunarnos en el futuro, gracias a una técnica revolucionaria creada por científicos de la Universidad de Alabama (Georgia, Estados Unidos). Los estudiosos utilizarán virus 'domesticados' y cargados con la sustancia por inocular. Los virus penetran fácilmente en el organismo, basta aplicar una solución en la piel con el fin de que transporte consigo, al interior, la vacuna. El principio de la vacunación es inocular en el organismo los agentes que causan la enfermedad de forma que el cuerpo reacciona estimulando sus mecanismos de defensa.

los números

- dosis de vacunas usadas anualmente en el mundo: **1.500 millones**
- en España: **2.800.000**
- inyecciones puestas cada año en España para vacunar contra la gripe: **1.060.000**
- de la antitetánica: **400.000**
- gasto anual en España: **4.300 millones ptas.**

El folio que nos llega del mar

Vía libre a un proyecto que convierte las algas en papel



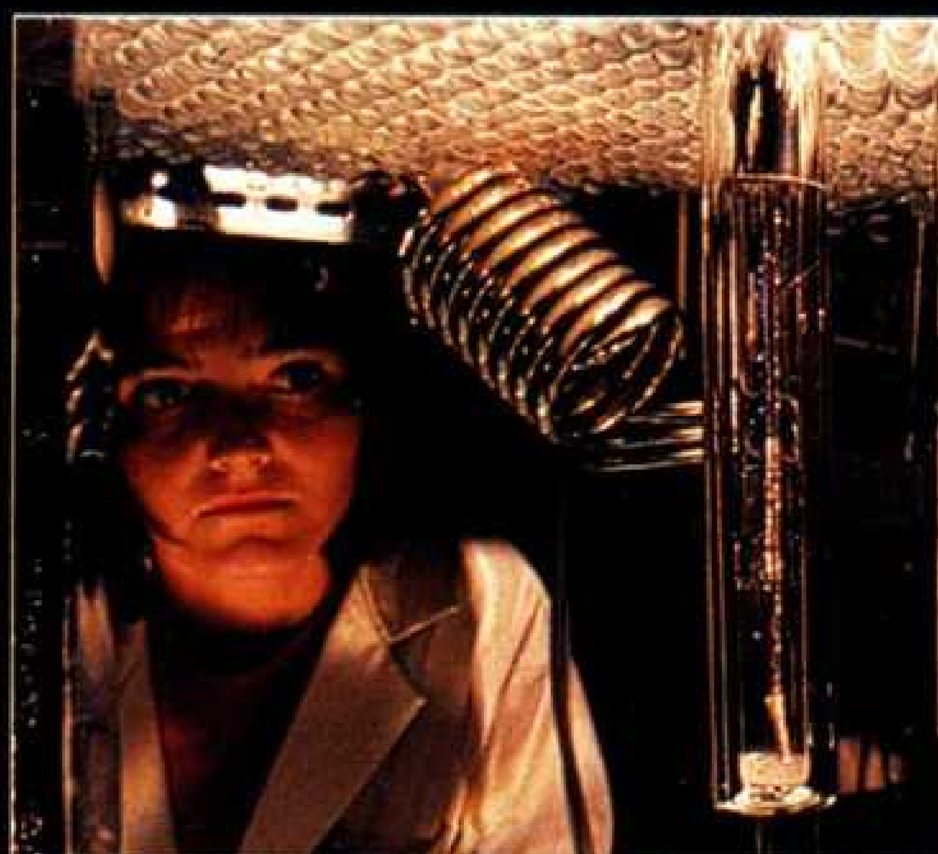
Las algas se han convertido, a menudo, en una emergencia medioambiental a causa de su gran proliferación, especialmente en el Mediterráneo. Entonces, ¿por qué no utilizarlas para fabricar papel en sustitución de los árboles? La idea, apoyada por la Unión Europea, intenta demostrar la posibilidad de sustituir las algas como materia prima para producir pasta de papel. El proyecto tiene un coste inicial de 400 millones de pesetas y presenta otras ventajas considerables: la materia prima se aprovecha en su totalidad, no se necesitan sustancias tóxicas para su fabricación y no produce residuos contaminantes. El papel producido es reciclable y biodegradable y el consumo de energía se reduce.

los números

- toneladas de papel producidas en el mundo cada año: **213 millones**
- de éstas son papel prensa: **32 millones**
- en España: **3,9 millones**
- en Japón: **28 millones**
- en los Estados Unidos: **75 millones**

La fusión nuclear bajo cero

Un grupo de físicos suizos de la Universidad de Friburgo y del Instituto Paul Scherrer ha propuesto una nueva vía para obtener en laboratorio el fenómeno de la fusión nuclear, la base de la producción de energía en el Sol y el resto de las estrellas. Se trata de una tecnología que utiliza un tipo de partículas, conocidas como muones, capaces de sustituir a los electrones en un átomo y reducir en unas 200 veces la dimensión total de este último, ya que su órbita se encuentra mucho más próxima al núcleo. De este modo, en lugar de utilizar las enormes presiones y las temperaturas elevadísimas (100 millones de grados) necesarias para acercar lo máximo posible los núcleos de hidrógeno como ocurre en el proceso tradicional para obtener la fusión, los muones logran *compactar* los átomos casi sin ayuda. Y a una bajísima temperatura (243 grados bajo cero).



El teléfono para sordos

Utilizar el teléfono tradicional es para los sordos y las personas con lesiones auditivas una misión imposible. Hasta ahora se han propuesto diversas soluciones como el videoteléfono, pero sin resultados apreciables. Un grupo de investigadores de la Universidad Técnica de Pisa ha proyectado un teléfono combinado con una cámara de vídeo y una pantalla que, además de las voces, transmite el movimiento de los labios y los gestos del interlocutor. Concentrando la imagen sobre estos dos aspectos se obtiene una velocidad de transmisión a alta resolución que capta plenamente los rápidos movimientos del lenguaje labial y gestual de la persona que se encuentra al otro lado de la línea.



Sería bueno textojn...

los números

- Porcentaje de población europea con problemas de audición o sordera: **15%**
- Sordos entre 15 y 44 años: **2,8%**
- entre 45 y 74 años: **12%**
- entre 75 y 84 años: **29%**
- con 85 años o más: **53%**

muones (n)



PERFORACIÓN IMPOSIBLE
Los chalecos antibalas fabricados con hilo de telaraña artificial protegerán de los disparos a quemarropa.



EL FUTURO DE LA CIRUGÍA
Gracias a su estructura molecular, la telaraña sintética se utilizará para confeccionar tendones artificiales.



A PRUEBA DE SIETES
La aportación de 'la tecnología natural' de la telaraña hará que el tejido de los paracaídas sea más resistente.

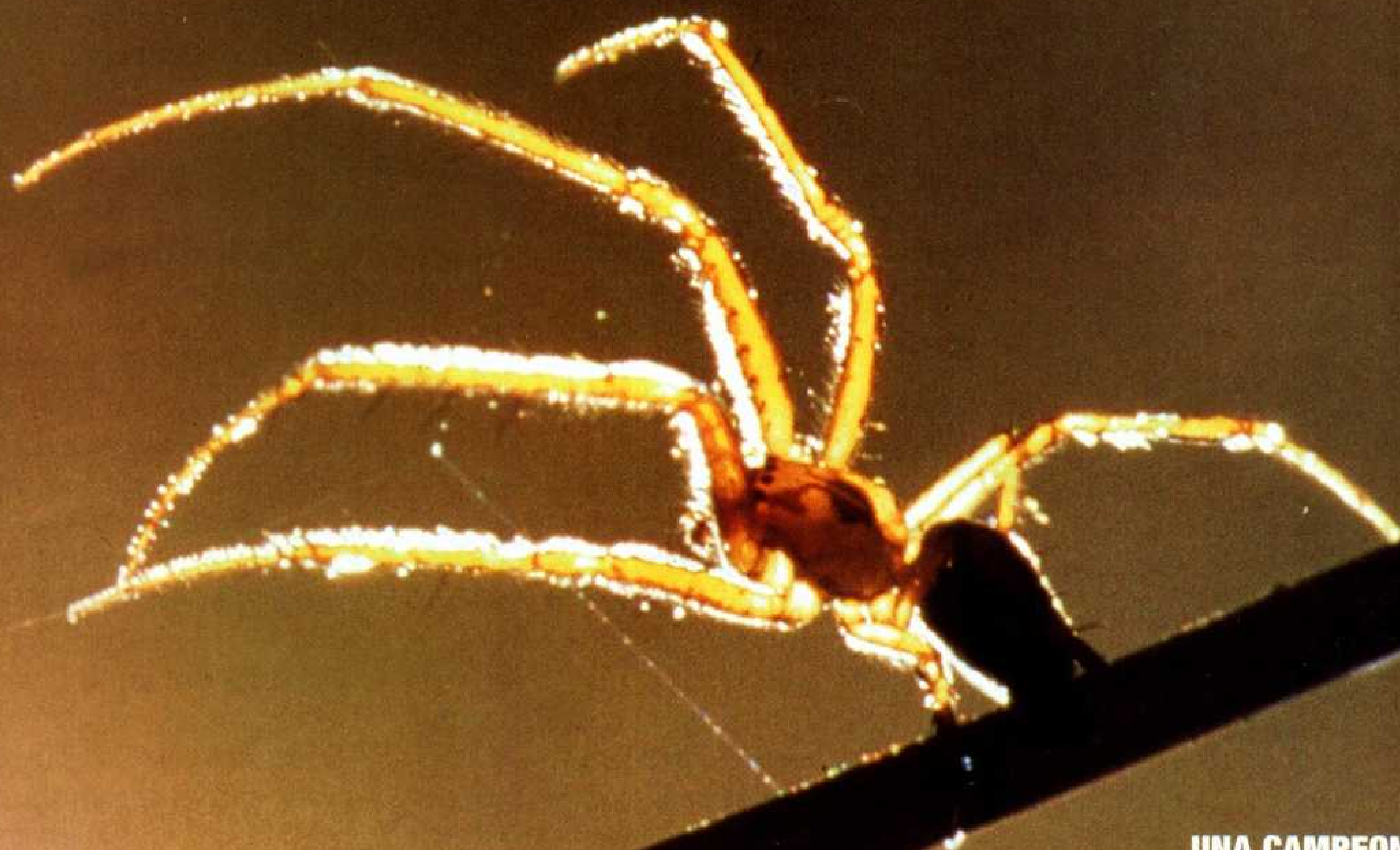
Inventos robados a la naturaleza

Telarañas artificiales, cascos de barcos que imitan las formas del tiburón, materiales que cambian de forma según la temperatura, carros de combate acorazados como conchas. Fabricar nuevos materiales imitando los productos que nos ofrece la naturaleza se ha convertido en un sector industrial con grandes expectativas

Cuando James Cook llegó a las islas Hawai, en 1778, sus habitantes fabricaban las piraguas con la madera del árbol wiki-wiki que, cortado en una noche de plenilunio, confiaban a la bendición de los dioses. Hoy, en el mar de Honolulú, pero también de Porto Rotondo o de Ostia Lido, la *bendición* que permite a los windsurfistas navegar a toda velocidad se llama polietileno ramificado y ABS termoprotector, términos que encierran la mayor revolución en el mundo de la tecnología, después de la microelectrónica: la de los nuevos materiales.

Bolitas para desbloquear las arterias que asumen por sí solas la forma requerida, corazas de *yeso* para los carros de combate que se parecen a la estructura de las conchas, pilares de puentes que se autoconstruyen atrayendo a los organismos marinos... Éstas y otras muchas son las maravillas de la revolución en el campo de los nuevos materiales. Una conquista que ha permitido ampliar considerablemente las prestaciones de

—continúa en pág. 110 →

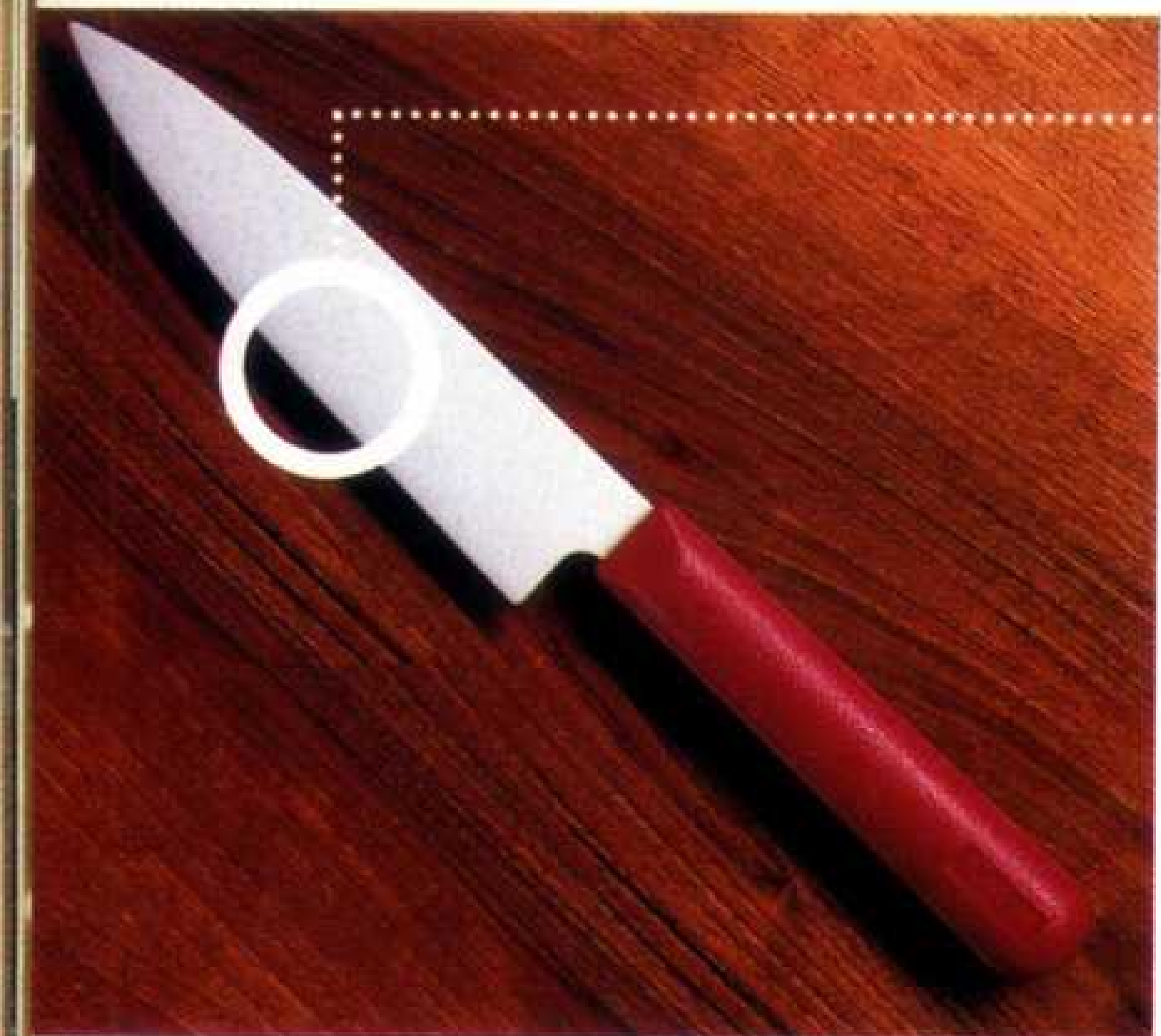


UNA CAMPEONA A LA QUE HAY QUE IMITAR
El hilo de la telaraña se puede reproducir artificialmente aislando los genes que controlan su producción e insertándolos en una bacteria capaz de fabricar una proteína similar a la usada por las arañas.



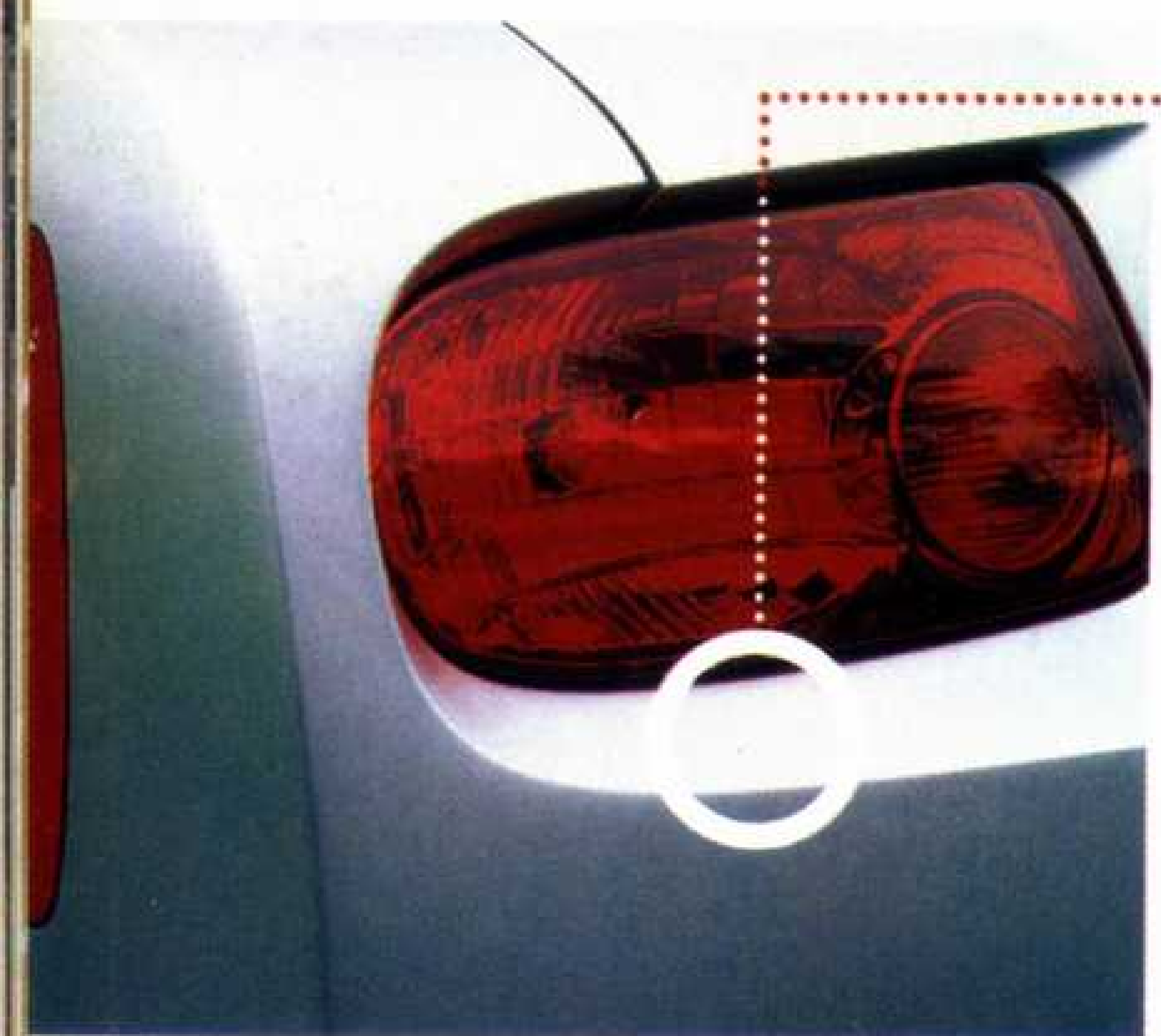
CUESTIÓN ESPINOSA
Inspirado en las púas del puercoespín, el neumático del futuro no se pinchará.





MUY CORTANTE
Los dientes de los roedores se utilizarán para fabricar cuchillos de cerámica afilados





ASÍ NO SE ROMPEN
Los parachoques con la estructura del cuerno del rinoceronte volverán a su forma después de un choque.





ATAQUES FRONTALES
En la coraza de los tanques se utilizará un material parecido al de las conchas.



los vehículos y ha hecho posible la invención de una amplia gama de objetos. Desde las colas y pegamentos (realizados con fibras sintéticas) hasta las naves espaciales, a las que el viejo metal les hubiera impedido volar.

▶ Tiburones y barcos

En la última edición de la Copa América de vela, el arma secreta de la embarcación estadounidense Stars and Stripes fue una nueva piel de material plástico que revestía el casco, fabricada por la NASA. El secreto del revestimiento, copiado de la piel de los escualos, reside en microscópicos agujeritos que reducen el roce del casco con el agua, y que, al mismo tiempo, crean microrremolinos que minimizan la resistencia fluidodinámica de su cuerpo con el agua. Hasta hace unos años se proyectaba sobre la base de los materiales existentes. Ahora, el ingeniero crea sus proyectos sin pensar en las exigencias de los materiales. Después, medita cómo llevarlo a cabo. Hoy, se opera sobre el material en función del proyecto. Se estudian las características de las moléculas y de sus cruces. Y se inventa en la mesa del despacho lo que se fabricará después.

Naturaleza y tecnología, un binomio del que no se puede prescindir

▶ La antigua tradición

Pero algo ha permanecido vigente de la antigua tradición de Hawai: las sugerencias de la naturaleza. En muchos casos, los técnicos se inspiran en lo existente en el mundo animal y vegetal. Por ejemplo, el material compuesto utilizado por los cazabombarderos americanos Stealth tiene una estructura fibrosa semejante a la del cuerno de rinoceronte. Esta fibra es, por sí misma, capaz de reparar las fracturas que el animal se hace cuando lucha con sus semejantes. Con ese mismo material compuesto se podrían fabricar parachoques para automóviles que vuelvan a su posición original después de un impacto.

Además de copiar las ideas de la naturaleza, también se pueden reproducir en laboratorio. Es el caso del hilo de la telaraña, que se intenta desarrollar artificialmente en la Universidad de Wyoming, en Estados Unidos. Especialmente fuerte, el hilo de la telaraña está compuesto por una estructura molecular compleja formada por más de 20 aminoácidos diferentes.

Los fabricantes de aire acondicionado, por su parte, se han fijado en el dromedario. Para humidificar los ambientes, se está aplicando la forma en la que este animal consigue mantener húmedo en sus pulmones el aire seco del desierto.

Más interesante es la estructura de la concha llamada *oreja del mar*, hecha de cristales de carbonato de calcio unidos entre sí por un pegamento natural.

▶ Un estrato de proteínas

El 95% de la concha está formada por yeso (una forma de carbonato de calcio), uno de los materiales más frágiles que existen en la naturaleza. Sin embargo, y gracias a su estructura, la concha resulta 3.000 veces más dura que el yeso. Bill Clegg, un investigador de la Universidad de Cambridge, descubrió que el carbonato de calcio está dispuesto en microscópicas planchas de ocho micras (milésimas de milímetro) de largo y de 0,5 micras de espesor, *introducidas* en una matriz

—continúa en pág. 112 →

de proteínas adhesivas. Así, cuando se ejerce una fuerza excesiva sobre la concha, causando una microfractura, el estrato de proteínas bloquea la fractura, impidiendo que ésta se propague. Clegg piensa reproducir este truco de la naturaleza para fabricar materiales de cerámica; para construir las astas de las turbinas de los aviones y las corazas de los carros de combate.

La madera también puede enseñarnos muchas cosas. Está formada por columnas paralelas de grandes células unidas en cadena dentro de una matriz de lignina, una resina polimérica. Esta disposición descarga el 80% de la fuerza que el material tiene que soportar. Julian Vincent, codirector del centro de Biomimética de la Universidad de Reading en Gran Bretaña, ha desarrollado un material basado en fibras de vidrio colocadas en espiral que imitan a las células de la madera y están *ahogadas* en una resina similar a la lignina.

Prestaciones superiores

El resultado es un nuevo producto con un 50% más de resistencia que cualquier otro material sintético. Pero no siempre la naturaleza *piensa* en todo. Hasta hace algunos años, las fibras sintéticas imitaban al máximo a las naturales, pero hoy se buscan materiales con prestaciones superiores. Fuertes como el cordura, un nylon irrompible. Sutiles como las microfibras (un centímetro cuadrado contiene 30.000 hilos). *Inteligentes* como el twintech, un tejido con un estrato interno de fibra polipropilénica que conduce el sudor hacia el exterior, donde lo absorbe una segunda capa de algodón.

Además de los nuevos tejidos flotantes, formados por fibras huecas llenas de helio, los laboratorios trabajan en tejidos antirrayos ultravioletas, tratados con microcápsulas de cerámica y filtros que garantizan una protección similar a la del índice 20 de una crema solar.

Materiales con memoria

En la actualidad se fabrican materiales de níquel y titanio con memoria de forma. Es decir, pueden deformarse, pero recuerdan su forma originaria y la vuelven a adoptar cada vez que se exponen a una determinada temperatura. Por ejemplo, lo que parece un hilo de hierro atornillado, si se calienta

continúa en pág. 114



RESISTENTES Y VELOCES
Revestimiento del casco de una embarcación con materiales parecidos a la piel de los escualos.





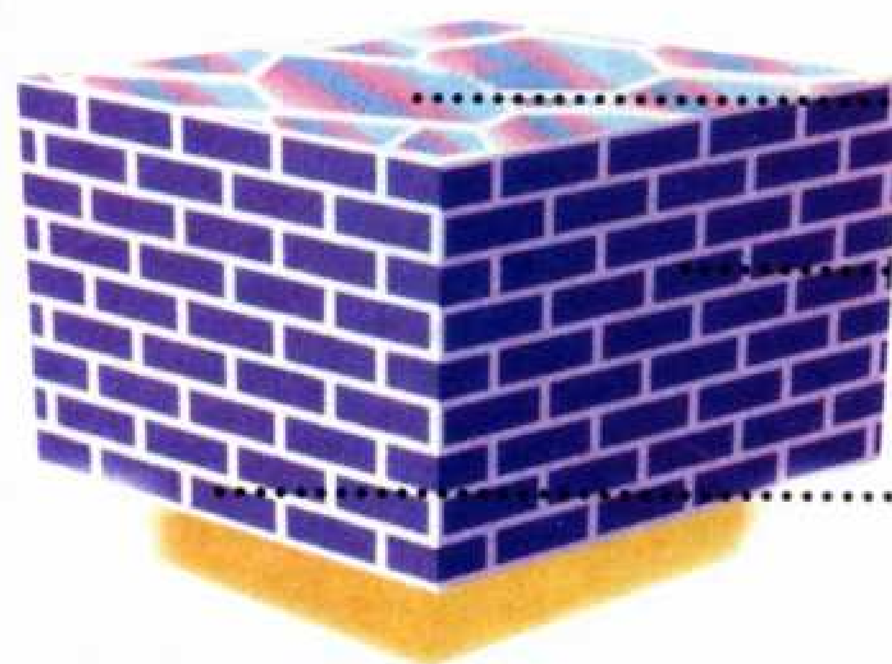
LA HUMEDAD JUSTA
Los investigadores del aire acondicionado estudian la capacidad del dromedario para mantener el grado justo de humedad en los pulmones, a pesar del aire seco del desierto.

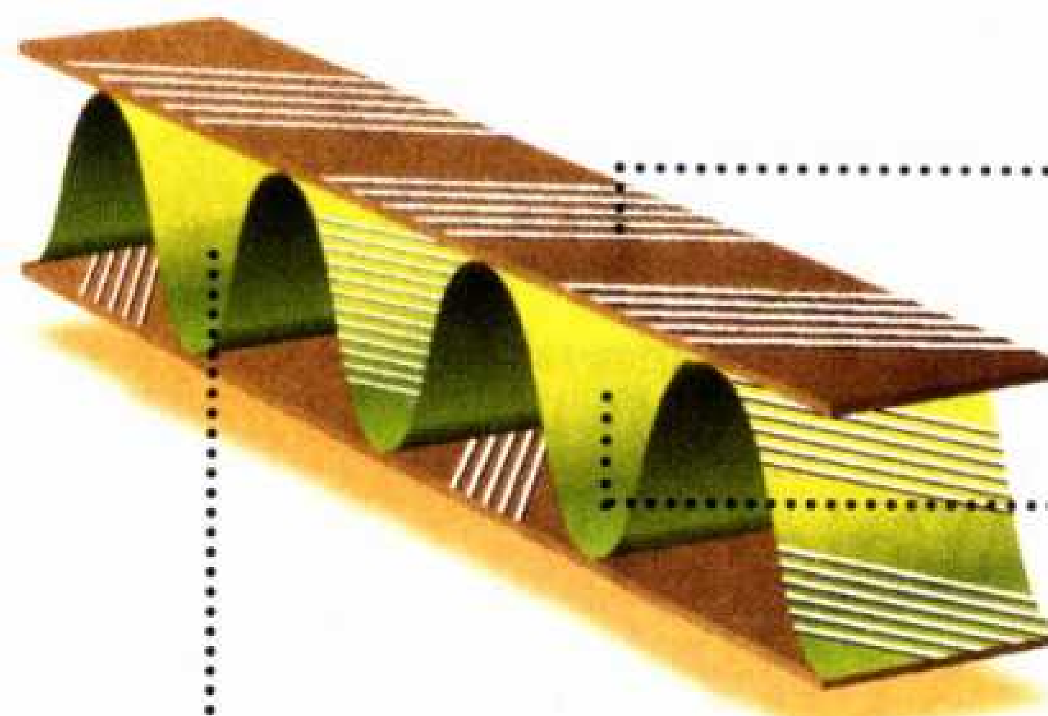


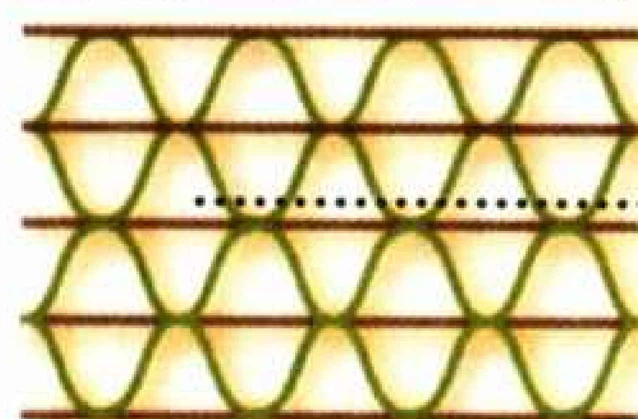
En el laboratorio

Aprender del mar y de los bosques

•**La naturaleza** nos proporciona excelentes enseñanzas. Los investigadores buscan la forma de producir artificialmente, en los materiales de cerámica, las sustancias adhesivas que impiden que la madreperla se rompa, así como la forma de obtener fibras semejantes a las de la madera, uno de los materiales más fuertes y resistentes que hay en el mundo.







retoma la forma que tenía: un círculo, un cuadrado o, incluso, un corazón. Desarrollados en los años 70 en Estados Unidos, los materiales con memoria de forma le deben esta característica a dos fases distintas de la propia estructura, relacionada con la temperatura.

En la primera fase, llamada de austenita, el material se presenta como una estructura cúbica y tiene las típicas características de dureza y resistencia de un objeto formado por elementos estructurales. Pero si dicho material se expone por debajo de una cierta temperatura, pasa a la fase de la martensita, con una estructura menos ordenada. Y es entonces, cuando se torna maleable. Basta, sin embargo, colocarlo a la temperatura original para que adopte su forma primitiva.

Los metales con memoria de forma son utilizados, por ejemplo, en medicina, en las *bolitas* utilizadas para remover los depósitos de grasa dentro de las arterias (son introducidas como hilos en los vasos sanguíneos y, una vez que han llegado al lugar, crecen con el calor del cuerpo) y en las grapas para suturar las fracturas, que se cierran recomponiendo el hueso cuando experimentan la temperatura corpórea después de su instalación quirúrgica.

▸ Novedades bajo el agua

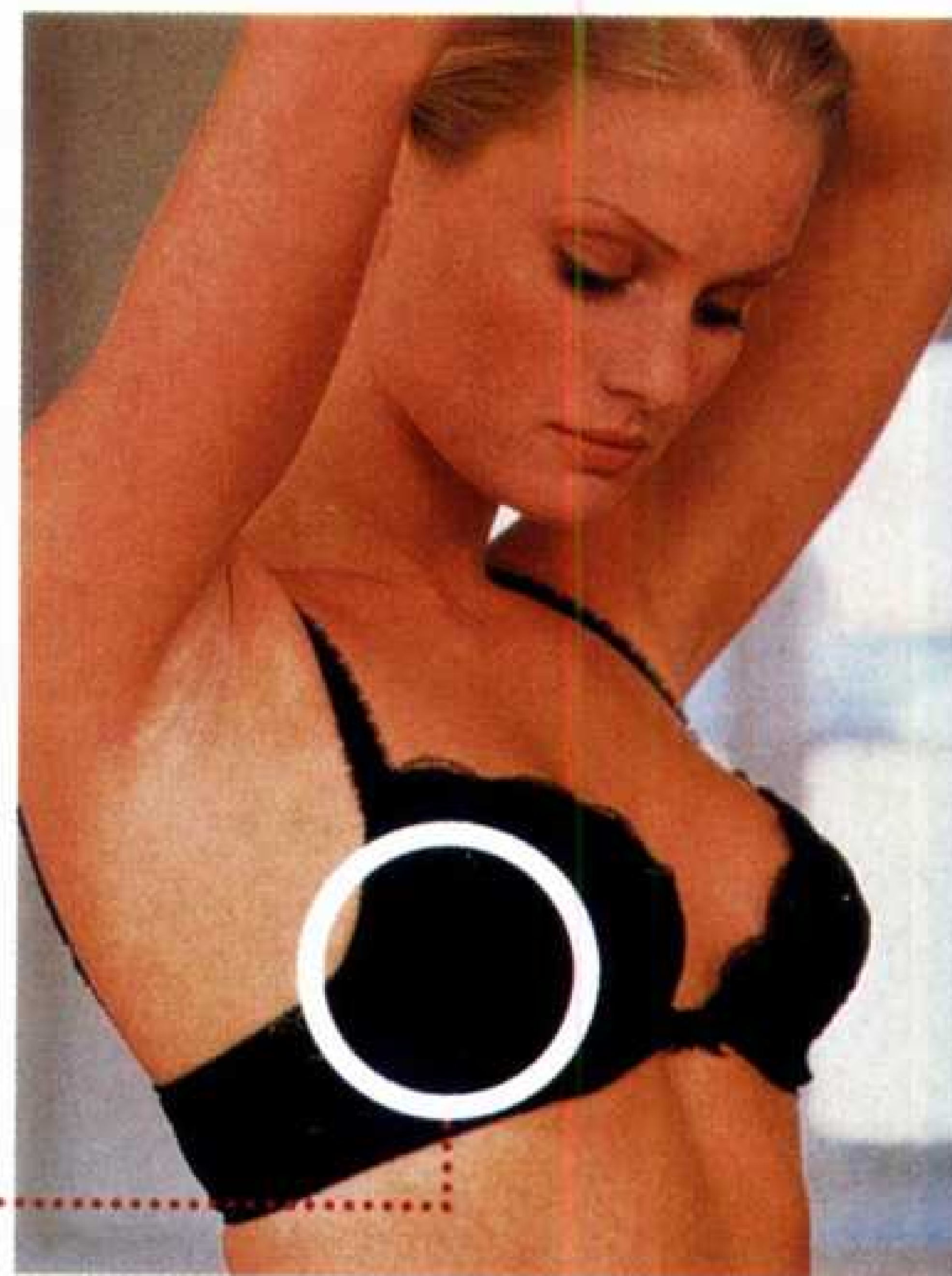
La preocupación por el medio ambiente ha llevado a realizar materiales que no contaminan a los organismos marinos. Por ejemplo, un barniz antivegetativo para los cascos de los barcos que sustituye al tradicional, muy contaminante. Se trata de un material conductor de electricidad. Para alimentarlo, basta una débil corriente eléctrica, producida por un panel solar en el barco. Este material aleja al *fouling*, es decir, a los organismos marinos que atacan al casco, sin producir daño alguno a la flora y fauna de aguas.

Algunos barcos están hechos con plásticos que imitan la piel del tiburón

El mismo principio, pero aplicado en sentido contrario, podrá ser utilizado en las construcciones submarinas que se fabrican por sí solas. Invirtiendo la polarización de la corriente, se atrae a los microorganismos. Se encuentra en fase de experimentación la producción de ladrillos marinos, partiendo de una red metálica llena de piedras y colocada en el fondo del mar. En este caso, los sedimentos se precipitan sobre el metal, creando una barrera calcárea muy fuerte que no se erosiona y con la cual se podrán construir diques y pilares para los puentes sobre los estrechos.

Otro sector en expansión es el de la investigación sobre los materiales de cerámica. La cerámica es resistente al desgaste, al calor y a las sustancias corrosivas, y por eso es utilizada para fabricar partes del motor, clavos y barrenos. Incluso el revestimiento exterior del Shutle está hecho de cerámica, para resistir a la atracción generada por el impacto con la atmósfera (a más de 1.500º C.).





UN SOSTÉN PERFECTO
Elementos de titanio como los de los sujetadores se utilizan en fabricar muchas piezas de los motores.

▸ Bisturís de cerámica

Con los materiales de cerámica se fabrican bisturís de corte neto y preciso. Y cuchillos afiladísimos para cortar la carne congelada. Los biomateriales de cerámica se utilizan para fabricar prótesis para la cadera y para la rodilla y secciones enteras de huesos.

Los materiales cerámicos sólo tienen una desventaja: si caen al suelo, se rompen, mientras que los naturales, como los dientes, están *fabricados* a prueba de caídas (al menos mientras están sanos). Por eso, en la Universidad de Arizona (EEUU), el biólogo Paul Galvert se ha fijado en la boca de los roedores. Después de realizar numerosos análisis, Galvert ha demostrado que los dientes de las ratas están formados por moléculas que se cruzan. Una estructura que está reproduciendo en los materiales de cerámica para dotarlos con la única cualidad que les falta. Una vez más, la naturaleza sugiere ideas al hombre.

De la bicicleta al avión

Más ligero, veloz y seguro

• **La carrera** por obtener nuevos materiales en el sector de los transportes entraña también una competición para reducir el peso, del cual depende el consumo de energía y de carburante. Ya a comienzos de siglo causaron sensación las bicicletas Bianchi, que pesaban sólo 10 kilos, frente a los 14-18 de las tradicionales. Hoy, algunas *bicis* fabricadas con materiales compuestos pesan menos de la mitad que la Bianchi. En la aeronáutica civil, la utilización de aluminio y litio permite un considerable ahorro de peso, a igual resistencia, del 15% respecto a los materiales exclusivamente de aluminio.



A NUESTRO ALREDEDOR se producen toda una serie de fenómenos físicos y químicos. *Newton* quiere explicar, con ayuda de la ciencia, los porqués de la vida cotidiana, proponiendo, además, experimentos sencillos.

Del martillo al satélite

Todavía hoy existen prejuicios acerca de las fuerzas que actúan sobre un objeto volante. Este fenómeno afecta tanto a los satélites como a otros objetos lanzados en nuestra vida diaria

El problema de sustraerse a la fuerza de la gravedad estimula la fantasía» decía Italo Calvino. Y con toda la razón, tal y como demuestra un test propuesto a los estudiantes que se acababan de matricular en el primer año de las carreras de Física y de Biología.

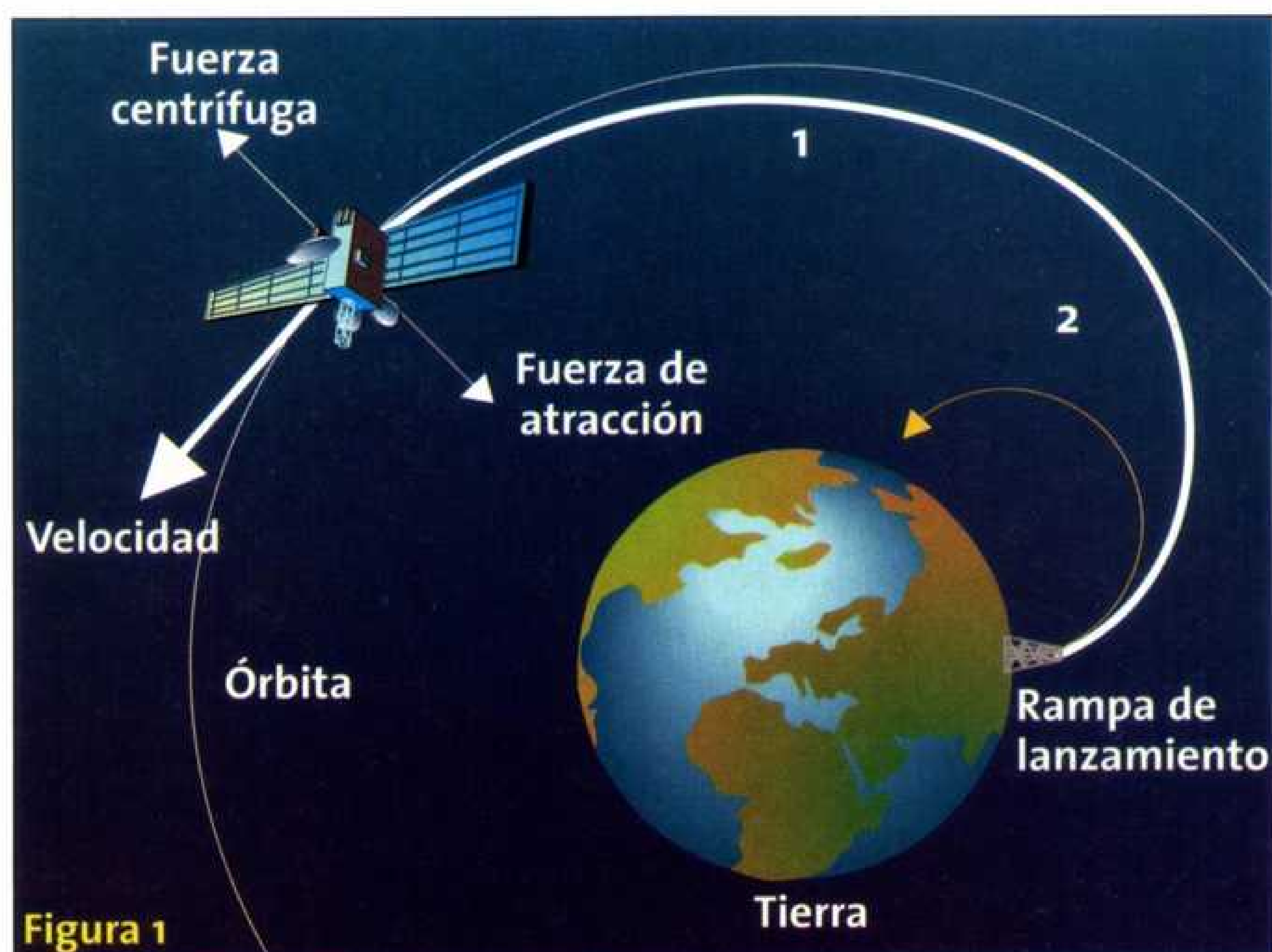
En dicho test, se les hacía la siguiente pregunta: Un satélite artificial puede rotar durante mucho tiempo alrededor de la Tierra si el radio de su órbita es lo suficientemente grande. ¿Por qué? Se ofrecían las siguientes alternativas: (1) Se necesita el vacío para evitar la fuerza de la gravedad. (2) La fuerza frenante de la atmósfera es muy pequeña. (3) La fuerza de la gravedad decrece con la altura. (4) Otra causa. Sólo uno de cada seis físicos dio la respuesta acertada, y uno de cada 16 biólogos. La respuesta correcta es la 2. En efecto, la atmósfera está lo suficientemente enrarecida para hacer insignificante la resistencia del aire. De lo contrario, el satélite pierde energía, se calienta y cae al suelo.

¿Qué piensan, en cambio, la mayoría de los estudiantes? Muchos optan por la respuesta 3, creen que es necesario subir muy alto en la atmósfera para reducir el peso del satélite. Otros optan por la número 4, sosteniendo que el satélite tiene que salir del campo de gravedad terrestre para estar en órbita.

Craso error

Es verdad que el peso disminuye con la altura, pero a unos cuantos cientos de kilómetros varía sólo un poco, dado que el radio terrestre es de casi 6.400 kilómetros. En cuanto al hecho de liberarse de la atracción terrestre, hay que preguntarse entonces cómo hace la Luna para sujetarse, dado que la distancia que está en juego es mucho mayor. Finjamos por un instante que la fuerza de la gravedad sobre la órbita del satélite es realmente nula. ¿Qué pasaría en ese caso? Que el satélite, al no estar mantenido por una fuerza dirigida hacia el centro de la órbita, se escaparía por la tangente, como la herramienta del lanzador de martillo cuando éste deja de sujetarle. Antes de que suceda esto, el martillo recorre una órbita circular porque se encuentra sujeto por la fuerza centrífuga dirigida hacia el exterior, y por una fuerza igual y opuesta, la tensión de la cuerda. Pues lo mismo pasa con el satélite.

Para colocarlo en órbita se opera como muestra la figura 1. El satélite es lanzado por un misil siguiendo una trayectoria curva (1), de tal forma que viaje tangencialmente a una órbita circular. Ahora bien, en este punto la fuerza centrífuga que actúa sobre el satélite iguala a la de la gravedad. Entonces, ninguna de las dos fuerzas prevalece y el movimiento adquiere un carácter estable en el tiempo.



ÓRBITA DE UN SATÉLITE. La órbita es la curva sobre la cual se contrarrestan las dos fuerzas que actúan sobre el satélite: la fuerza de la gravedad y la centrífuga.

Velocidad de lanzamiento

Cuando la velocidad alcanzada por el proyectil es insuficiente, la fuerza centrífuga permanece por debajo de la gravitacional y el misil vuelve a caer sobre la Tierra (2). Se trata de una trayectoria suborbital, como la que, a menor escala, describen martillos y jabalinas. Si la velocidad es excesiva, el satélite escapa del campo gravitacional terrestre alejándose en el espacio. El cálculo de la velocidad idónea es elemental, basta con que la energía cinética adquirida por el satélite supere a la gravitacional que lo mantiene ligado al planeta, lo cual sucede a unos 40.000 km/h.

Además, en ausencia de fuerzas que le frenen, el movimiento persiste en el tiempo sólo si la suma de las fuerzas aplicadas al satélite es nula. En el caso concreto que estamos examinando, actúan fuerzas dirigidas transversalmente a la velocidad del móvil y eso da lugar a un movimiento circular y a una velocidad constante.

Según las leyes de Newton, si la suma de las fuerzas que actúan sobre un objeto es igual a 0, el movimiento es rectilíneo y uniforme (es el caso de un vehículo que viaje a velocidad de crucero, en el que la fuerza de arrastre está contrarrestada por la de los roces, tal y como se explica en la figura 2 de la página siguiente). Por último, si la fuerza conjunta que actúa sobre el cuerpo es nula (porque lo es individualmente cada una de ellas) el cuerpo conserva el movimiento que tenía en el instante inicial: si estaba quieto, permanece quieto; si estaba en movimiento, prosigue su movimiento rectilíneo uniforme. Es el principio de la inercia enunciado por Galileo.

Se trata de un caso hipotético pero muy parecido al de un meteorito que viaje por el vacío en una zona donde se sientan poco los campos gravitacionales. Concluyendo, el que haya movimiento, no quiere decir que haya fuerzas presentes. Por eso, el movimiento de velocidad constante requiere que la fuerza resultante sea nula. Si no lo es, el cuerpo hace algo

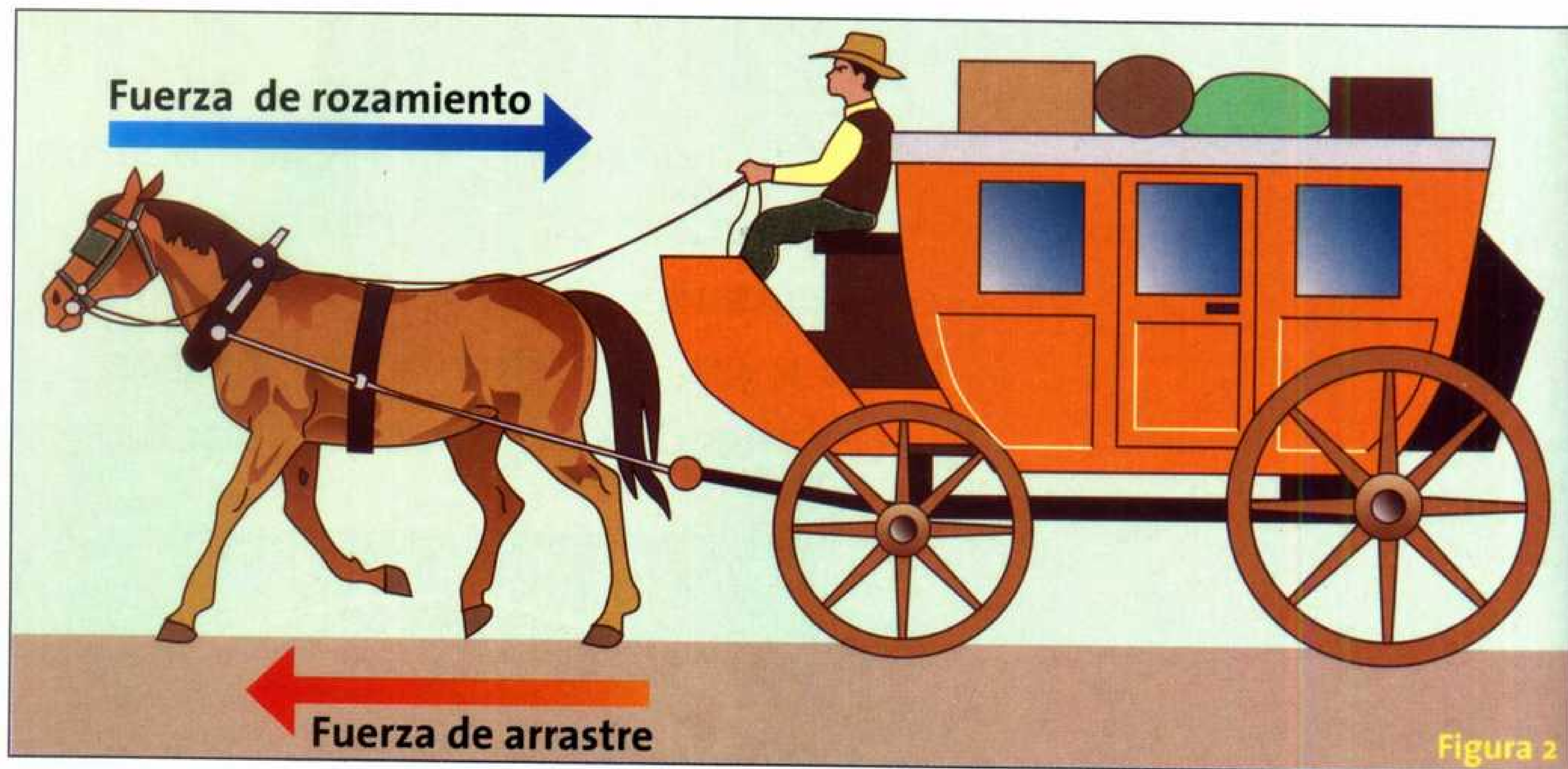
—continúa en pág. 118 →

LANZAR UN SATÉLITE AL ESPACIO es más sencillo de lo que parece. Basta con realizar unas simples operaciones matemáticas para calcular la velocidad exacta (unos 40.000 km/h) en la que la fuerza centrífuga que actúa sobre el satélite es mayor a la fuerza de la gravedad que le atrae hacia la Tierra.

diferente y acelera o frena según la ley de Newton.

Otras cuestiones científicas

Todo esto parece evidente y obvio y, sin embargo, casi cuatro siglos después de la revolución de Galileo son muchos los que se equivocan a la hora de enjuiciar estos fenómenos. Volvamos al test que se les propuso a los universitarios. Otra de las preguntas que se les formulaba era la siguiente: Si se lanza una piedra en vertical hacia lo alto, ¿hacia dónde se dirige la fuerza que actúa en ella en el momento en que alcanza el punto de máxima elevación? Las posibles respuestas son: (1) Hacia arriba, (2) Hacia abajo, (3) Hacia la derecha, (4) Hacia la izquierda, (5) No actúa. Casi la mitad aseguraron que la fuerza está ausente, desvelando que la antigua idea pregalileana de que sólo hay movimiento en presencia de una fuerza de arrastre está todavía viva en sus mentes. Sólo una minoría realiza la reflexión obvia, en el sentido de que la atracción de la gravedad sigue estando presente y, por lo tanto, la fuerza que actúa es la que le atrae hacia abajo.



VELOCIDAD CONSTANTE. Se alcanza la velocidad de crucero cuando el caballo desarrolla una fuerza de arrastre igual y contraria a la fuerza resistente ocasionada por los roces.

Probemos con otra pregunta. Si a un atleta que corre a una velocidad constante se le escapa de la mano una esfera de plomo, ¿en qué punto ésta tocará el suelo? Respuestas: (1) En la vertical del lugar donde se le ha escapado. (2) En el lugar en el que se encuentre el atleta. (3) Delante del atleta. (4) En un punto intermedio entre (1) y (2). Pues bien, dado que una esfera de plomo es casi insensible a la resistencia del aire, una vez liberada comienza a caer, pero al mismo tiempo prosigue su camino emparejada con el atleta, hasta el momento en que toca el suelo. Menos del 10% de los estudiantes de biología acertaron y los de física tampoco lo hicieron mucho mejor, denotando no comprender el principio de la inercia.



ENTENDER LA GRAVEDAD. Si en la órbita de un satélite artificial desapareciese la fuerza de la gravedad, éste se comportaría como el martillo de un lanzador: se escaparía por la tangente.

Milenios sin progresos

Muchas mentes humanas siguen pensando igual que Aristóteles, quien no creía en la posibilidad del movimiento sin una fuerza de arrastre. ¿Pero qué es lo que hace que un proyectil, una vez que ha salido de la mano del lanzador, permanezca sujeto a una fuerza de arrastre? Aristóteles, que no creía en nada que no puediese racionalizarse, habría discurrido así: El aire, proyectado hacia adelante en el momento del lanzamiento, tiende a volver a ocupar el vacío que se forma detrás del proyectil y, por lo tanto, a empujarlo ulteriormente. (Es evidente que esta visión excluye la posibilidad de un proyectil que avance en el vacío, como ocurre con los satélites artificiales). Hoy sabemos perfectamente que el vacío que se crea detrás de un cuerpo en movimiento tiene precisamente el efecto contrario, es decir el de frenarle.

Pese a que bastan una sencillas consideraciones para desmontar conceptos erróneos, hasta que no llegó Galileo no se aclararon las cosas. Sin embargo, todavía hoy se mantienen errores e ideas falsas. Prueba de ello es que en plena era de vuelos espaciales y ordenadores continúen proliferando los astrólogos, ufólogos y curanderos de todo tipo.

Excelente! Buen Palo

Satélites contra piratas

Una lucha sin cuartel enfrenta al International Maritime Bureau contra los piratas, una plaga que, todavía hoy, infesta los mares de todo el mundo. A 36.000 kilómetros de altitud, los satélites Inmarsat controlan las *zonas calientes* del planeta, siguiendo la pista de estos peligrosos criminales

POR GIOVANNI SINISCALCHI

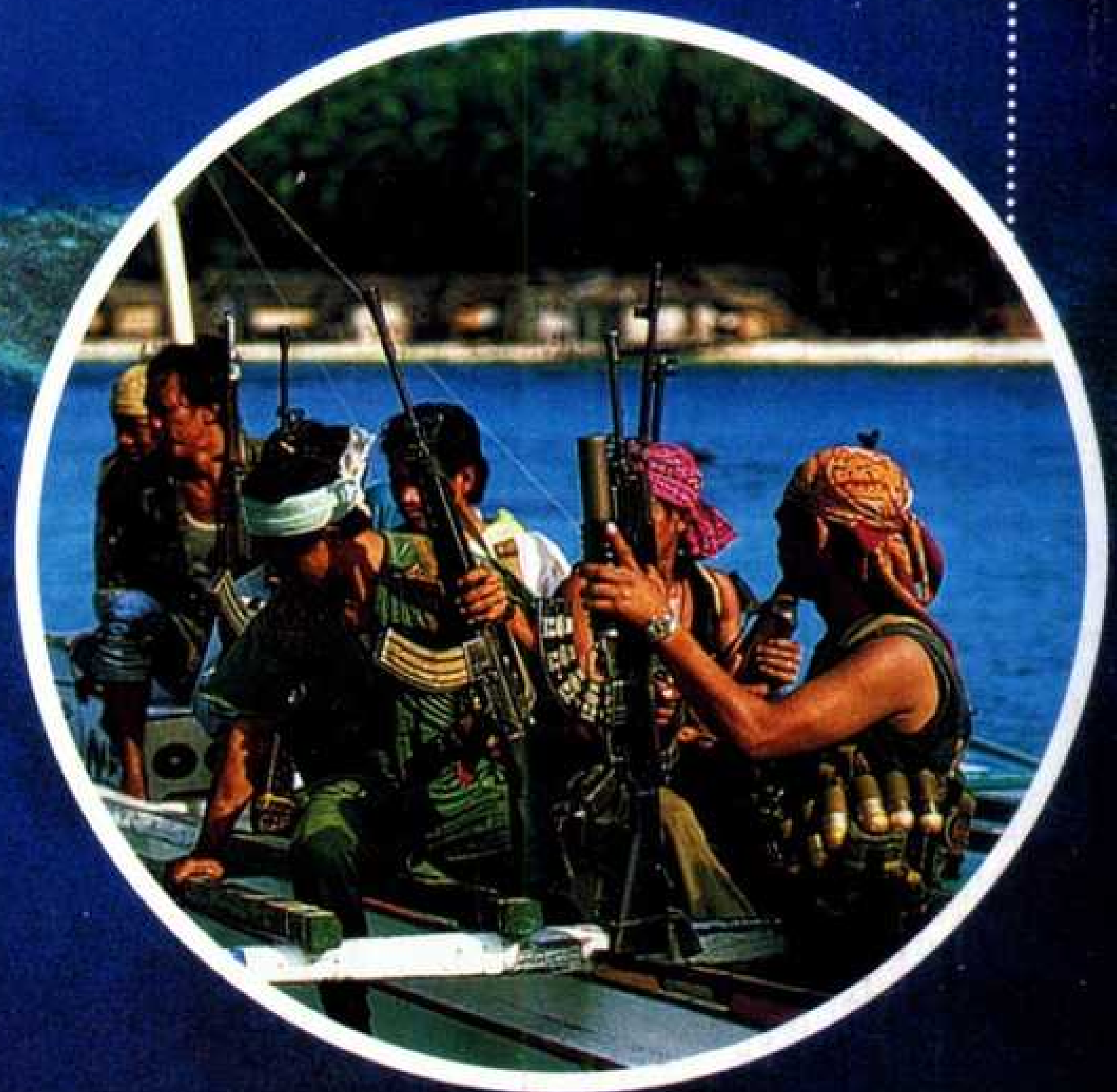
El asalto se produce de improviso. La velocísima nave de los piratas parece haber salido de la nada, protegida por la bruma de la mañana, mientras el carguero navega tranquilamente por las aguas del estrecho de Malacca, en Indonesia. Pocos minutos después, los piratas tienen el barco a tiro. Lo abordan, inmovilizan a sus tripulantes y toman el control de la embarcación. Para el comandante no hay salvación. Si los piratas se muestran clementes, simplemente lo matarán con un disparo en la cabeza, sin torturarlo antes.

No se trata de una película, sino de escenas reales que ocurren casi todos los días en las aguas del sudeste asiático. Porque los piratas de Malasia no son una mítica figura del pasado ni personajes que sólo viven en las novelas de Emilio Salgari. Cientos de hombres de una ferocidad inaudita, dispuestos a todo, siguen sembrando el terror en los mares de Indonesia, Filipinas, Brasil y Nigeria, mientras el mundo entra en el tercer milenio.

Para hacerles frente, acaba de crearse una unidad de *policías* que monta guardia desde el cielo, a 36.000 kilómetros de la Tierra. Se trata de la constelación de satélites Inmarsat, especializados en la comunicación marítima y en la lucha contra la piratería,

continúa en pág. 122 →

NUEVAS ARMAS CONTRA LA PIRATERÍA
Abajo, un grupo de piratas se prepara para un abordaje. Arriba, un satélite Inmarsat comunica a las naves atacadas por estos criminales con los centros de socorro. Los servicios de estos satélites son utilizados por 50.000 barcos de todo el mundo.



una ayuda que se ha vuelto indispensable. «En 1997, el International Maritime Bureau, poseedor del único banco de datos del mundo sobre los piratas, registró 229 asaltos, con 163 abordajes y 412 personas secuestradas», explica Andy Fuller, responsable del servicio de seguridad marítima del Inmarsat, una organización para la comunicación por satélite que aglutina 80 países.

Ha comenzado una guerra entre policías y ladrones, en la que, por una parte, se despliegan las tecnologías más avanzadas de las telecomunicaciones y, por otra, ametralladoras *kalasnikov* y los tristemente famosos *kriss* malayos, los puñales con hoja de sierra. El objetivo de los primeros es impedir que vuelvan a repetirse escenas como la vivida en Filipinas por el pesquero *Normina*, asaltado el pasado año por los piratas, y que finalizó con el asesinato de nueve de sus 10 tripulantes. O el caso de la nave cisterna *Suki*, literalmente volatilizada (junto a sus marineros y a las 2.600 toneladas de gasóleo que transportaba) tras sufrir un abordaje.

Piratas del 2000: entre la barbarie y la impunidad

«Últimamente hemos adoptado una nueva tortura para nuestros prisioneros: los atamos por los pies y los quemamos vivos, igual que si fueran tiburones. Al final, nos comemos sus orejas». «Desprecio a mis víctimas. Cada vez que hago un abordaje siento que tengo que matarlas». Son las tremendas declaraciones de los piratas profesionales.

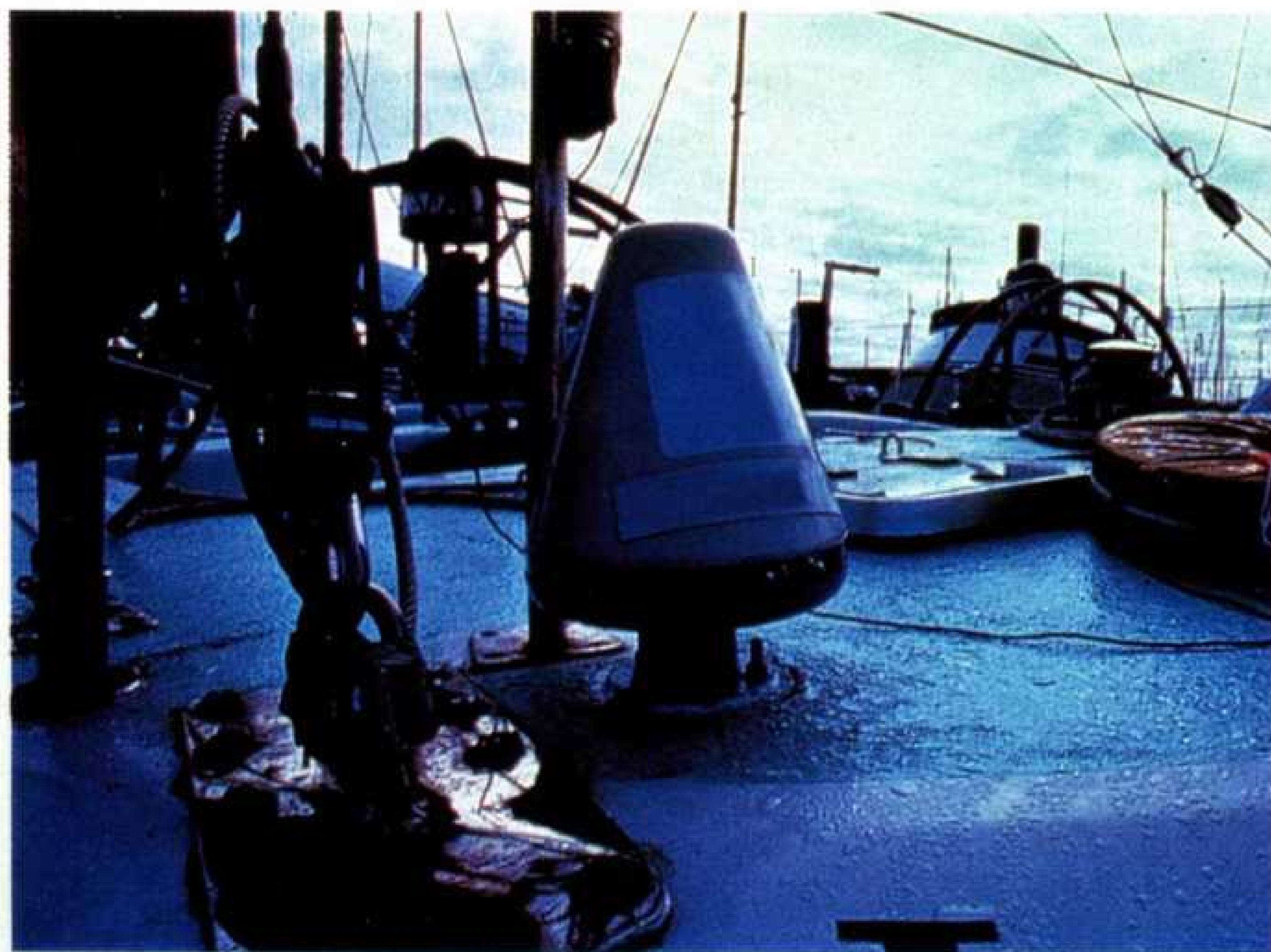
En el mar de la China, en los alrededores del archipiélago de Sulu, en Filipinas, pero también en Brasil y en Nigeria, los piratas constituyen una auténtica plaga. Asaltan barcos, roban y matan con una inaudita ferocidad, llevándose todo lo que encuentran, desde joyas hasta la pesca del día. Los piratas de hoy ya no llevan venda negra en los ojos o pata de palo, como los de las películas de nuestra infancia, pero son criminales tan despiadados como aquéllos. Y lo que es peor, a veces actúan con la protección de los políticos, por lo que golpean con la más absoluta impunidad.

La organización de estas bandas es casi perfecta. Gracias a una bien engrasada red de informadores (entre los que a veces se encuentran representantes de compañías relacionadas con la víctima), saben donde golpear a tiro fijo, provistos de las embarcaciones más

Los que nunca se aburren son los responsables del International Maritime Bureau (un organismo de la Asociación Mundial de Cámaras de Comercio), que ha abierto una Oficina Antipiratería en Kuala Lumpur (Malasia) para coordinar las actividades internacionales contra los corsarios del 2000. «Su primer objetivo es la gestión de un banco de datos en el que se registran todos los actos de piratería, para localizar las áreas, los días y las horas de mayor riesgo, las formas de ataque o las veces en las que los abordajes tienen éxito», relata Fuller. «Dos veces al día, se envía a todas las naves, vía satélite, un boletín con los datos más significativos», añade.

En Malasia, existe una Oficina Antipiratería para coordinar la lucha

La oficina se activa en el mismo instante en el que se produce un ataque. «Aunque no siempre es fácil para el comandante enviar la señal de alarma», subraya Fuller. «Los piratas actuales están dotados de sofisticados escáneres, que exploran todas las radiofrecuencias, incluso las de los satélites. Nada les





LA CAMPANA DE LA SALVACIÓN. Embarcación provista de una antena de comunicación con los satélites. A la derecha, uno de los centros adonde llegan las peticiones de socorro de las víctimas.

rápidas y potentes y de las armas más modernas. En Manila y en el sur de Filipinas, los asaltos de los piratas ya han dejado de ser noticia, porque la policía y otras instituciones gubernamentales parecen estar implicadas en sus asaltos. En ciertos barrios, refugios de poderosos corsarios, el clima que se respira es siempre muy tenso. Los comerciantes no se fían de las instituciones y recurren, cada vez más, a milicias privadas. La costa de Mindanao, la isla de Jolo y el archipiélago de Sulu están gobernados por los piratas.

• Es imposible precisar cuántos son. Se sabe que están organizados en pequeños grupos, de no más de 20 personas perfectamente adiestradas para actuar con velocidad y precisión. Nunca se arriesgan. Se presentan siempre con la misma tarjeta de visita: disparan al aire un cargador entero de sus metralletas y encierran en las bodegas a los desgraciados tripulantes de la nave abordada que, si tienen suerte, son asesinados



con un tiro y no barbáricamente torturados. Si algo falla, se marchan sin dejar rastro, como han venido.

«Para ser piratas, como nos llamáis vosotros, hay que aprender inmediatamente la primera lección: matar. Si se aborda una embarcación, hay que estar dispuesto a matar sin remordimiento. La policía no es un problema para nosotros: son todos amigos», dice uno de ellos.

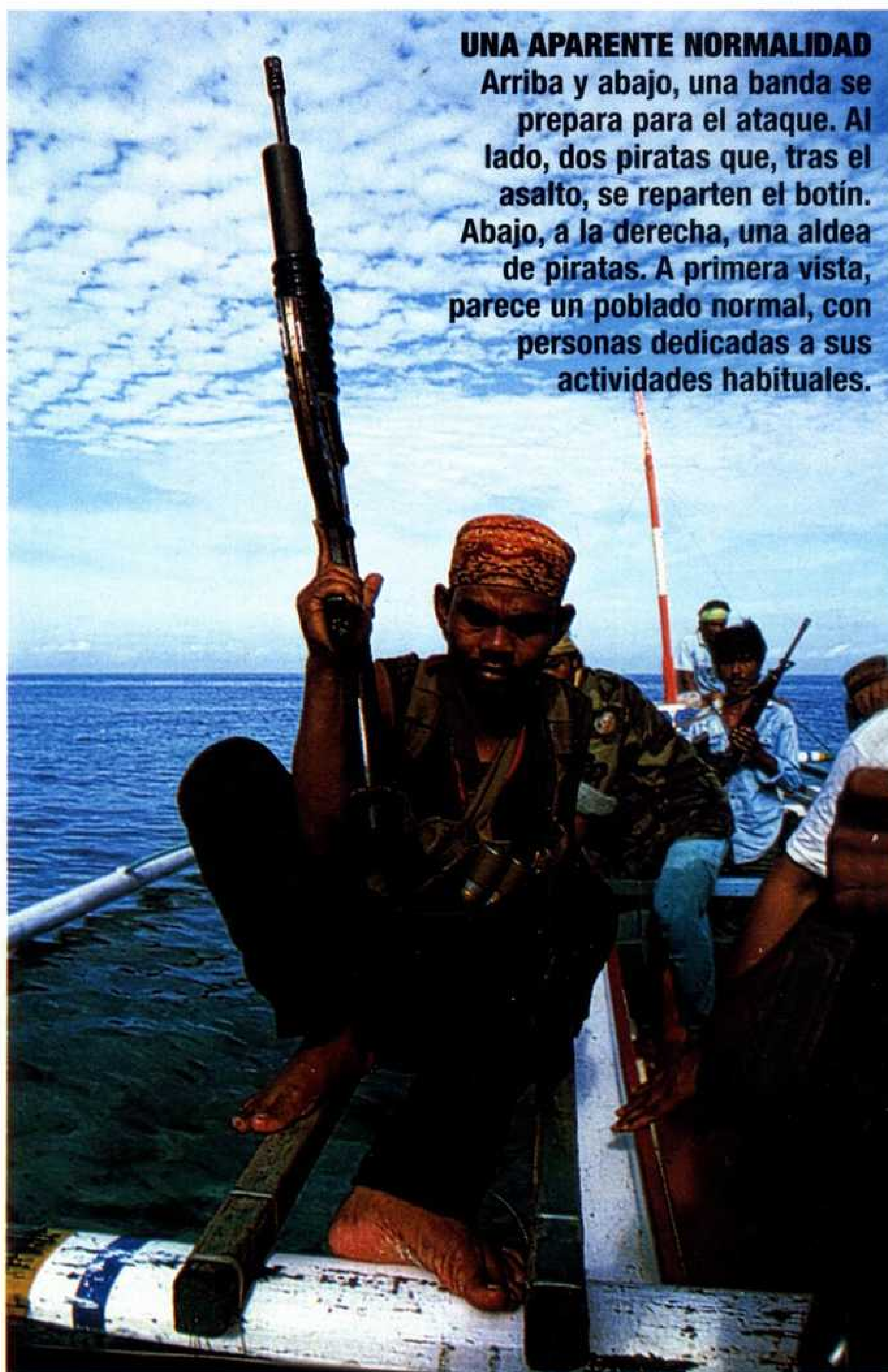
Cuando se pide información a las autoridades, ésta es la respuesta que se obtiene: «No hay piratas en Sulu. Aquí sólo hay buena gente».

molesta tanto como saber que sus víctimas están alertando a medio mundo. Pero nosotros tomamos una serie de contramedidas. Cambiamos las especificaciones técnicas de nuestros sistemas de comunicación vía satélite, para hacer más difícil la interceptación de los mensajes. Utilizamos siempre nuevos códigos de comunicación e intentamos automatizar el proceso lo máximo posible».

▸ Reglas que hay que seguir

«En los terminales de Inmarsat a bordo de los barcos hay un pulsador que sirve para enviar inmediatamente el mensaje de socorro, con las coordenadas de la embarcación. Pero, a veces, los piratas son tan rápidos que no da tiempo a que lleguen al lugar de los hechos las embarcaciones de la policía. Por eso, si el comandante no ha sido todavía capturado, el centro de Kuala Lumpur le comunica, siempre vía satélite, una serie de reglas de comportamiento para hacer frente al asalto, reduciendo al mínimo los riesgos».

Incluso en el caso extremo de una nave en poder de los



UNA APARENTE NORMALIDAD Arriba y abajo, una banda se prepara para el ataque. Al lado, dos piratas que, tras el asalto, se reparten el botín. Abajo, a la derecha, una aldea de piratas. A primera vista, parece un poblado normal, con personas dedicadas a sus actividades habituales.





piratas, con la tripulación confinada en una chalupa o, incluso, en el caso de una embarcación a punto de hundirse, el satélite puede ser de gran ayuda. «El sistema Inmarsat dispone de *radio-boyas* que se activan automáticamente apenas tocan el agua. Basta lanzar una al mar para que comunique el nombre, tonelaje, tipo y posición de la nave. A los dos minutos, el mensaje enviado por satélite llega

— continúa en pág. 124 →

Dónde y cómo atacan

Todas las cifras de los abordajes

• El año pasado se verificaron, en todo el mundo, 229 asaltos de piratas:

Abordajes:	163 casos
Disparos contra la nave:	26
Intentos de abordaje:	14
Toma de rehenes:	14
Robo:	2
Captura del equipaje:	7

• Los mares más calientes:

Indonesia:	47 asaltos
Tailandia:	17
Brasil:	15
Filipinas:	15
Sri Lanka:	12
India:	12
Nigeria:	9



CAPTAR PARA CAPTURAR
Antenas parabólicas preparadas para captar las señales emitidas por el satélite Inmarsat. En el mundo hay varias estaciones terrestres para difundir los mensajes de aviso.

a la mesa del coordinador de socorro, que puede estar en Londres o en cualquier otra parte del mundo», explica Fuller.

Todo esto es posible gracias a cuatro de los ocho satélites Inmarsat colocados en órbita geoestacionaria. Este tipo de órbita, a 36.000 kilómetros de la Tierra, sincroniza el movimiento de los satélites con la rotación terrestre, de tal forma que, desde el planeta, éstos parecen inmóviles en el espacio. Así, los cuatro satélites cubren siempre todos los mares del globo, desde Groenlandia al océano Antártico, con la única excepción de los dos casquetes polares. «Los servicios básicos son los de cualquier comunicación general, como el teléfono, el télex, el fax y los transmisores de datos a la velocidad de 64 *bits* por segundo, similar a la de una de las líneas terrestres más rápidas», explica Fuller. «Los servicios de seguridad marítima ofrecen, además de boletines y asistencia *antipirata*, informaciones y previsiones de los peligros que puedan acechar durante las 24 horas del día, naturalmente con informaciones inmediatas cuando la situación lo requiere».

No sólo los armadores de buques de gran tonelaje utilizan el sistema Inmarsat. «Uno de estos terminales puede instalarse, incluso, en una pequeña embarcación deportiva. Los equipos más pequeños tienen unas dimensiones parecidas a las de un transmisor convencional de radio VHF, y antenas de apenas unos cuantos centímetros de largo. Yo mismo tengo uno de cinco metros en mi barco», asegura Fuller, a pesar de que el riesgo de encontrar embarcaciones piratas en las costas inglesas es más bien remoto. Al menos, por ahora.



LAS AUTORIDADES, SOSPECHOSAS DE CORRUPCIÓN
En la foto, algunos piratas capturados tras uno de sus ataques en las costas de Manila. Los piratas estaban tan bien informados que, en menos de tres minutos, se habían apoderado de monedas de oro antiguas por un valor de medio millón de dólares. La víctima del asalto acusó a las autoridades filipinas de estar en connivencia con los bandidos.

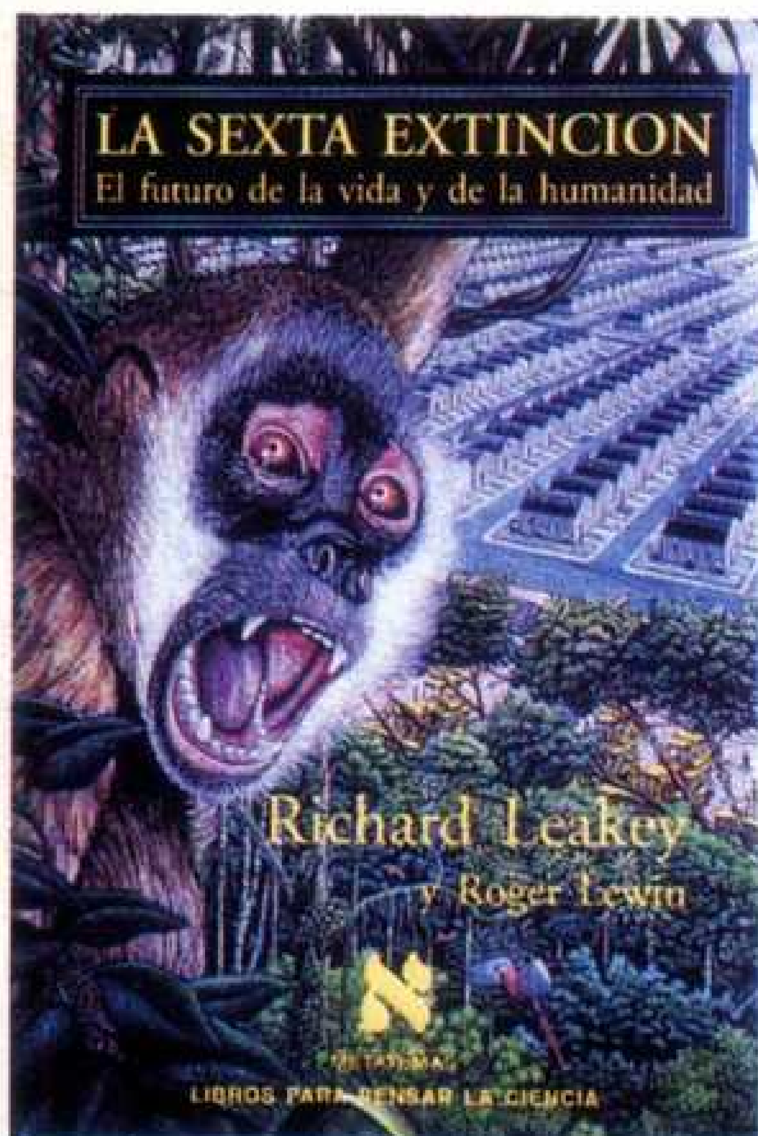
INTERNET

@ **www.inmarsat.org**
E-mail: **information@inmarsat.org**

Nuevos libros

Lo último de ciencia y técnica que llega a las librerías

Seis piezas fáciles. Una amena introducción a la física en la que el Premio Nobel Richard Feynman describe el complejo mundo de los átomos que forman la materia a partir de nociones sencillas. (Ed. Drakontos)



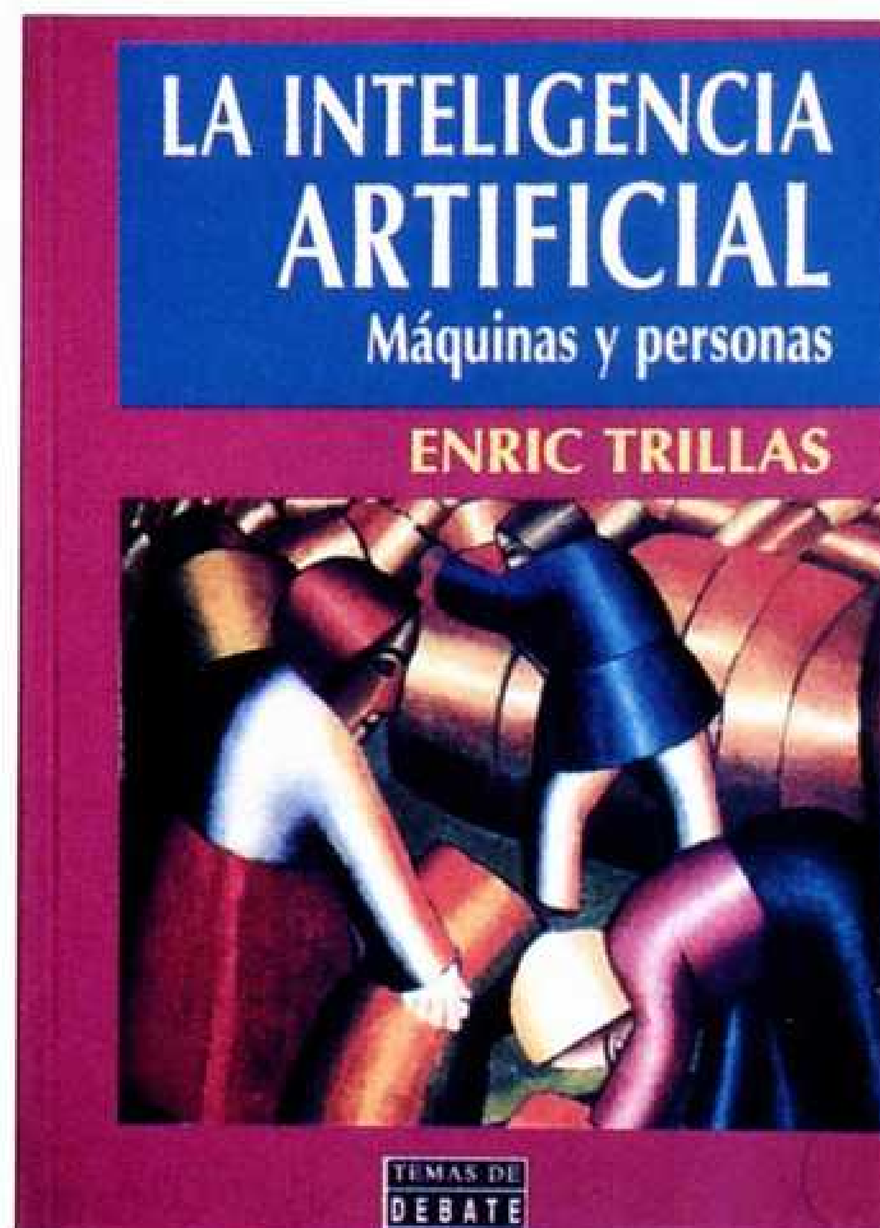
El porvenir de la vida sobre la Tierra

En *La sexta extinción*, Richard Leakey y Roger Lewin, paleontólogo y bioquímico, respectivamente, vuelven su mirada, no sin preocupación, hacia el futuro de la vida, un futuro lejano pero que presagia un final. Aportando pruebas científicas, demuestran que la sexta extinción ha empezado ya: cada año, desaparecen de la faz de la Tierra 300 especies, un motivo de preocupación y de alarma que ambos expertos interpretan como el comienzo del fin de la vida sobre nuestro planeta.

Richard Leakey y Roger Lewin
La sexta extinción
Tusquets
3.000 pesetas

¿Podrán las máquinas sustituir a la inteligencia humana?

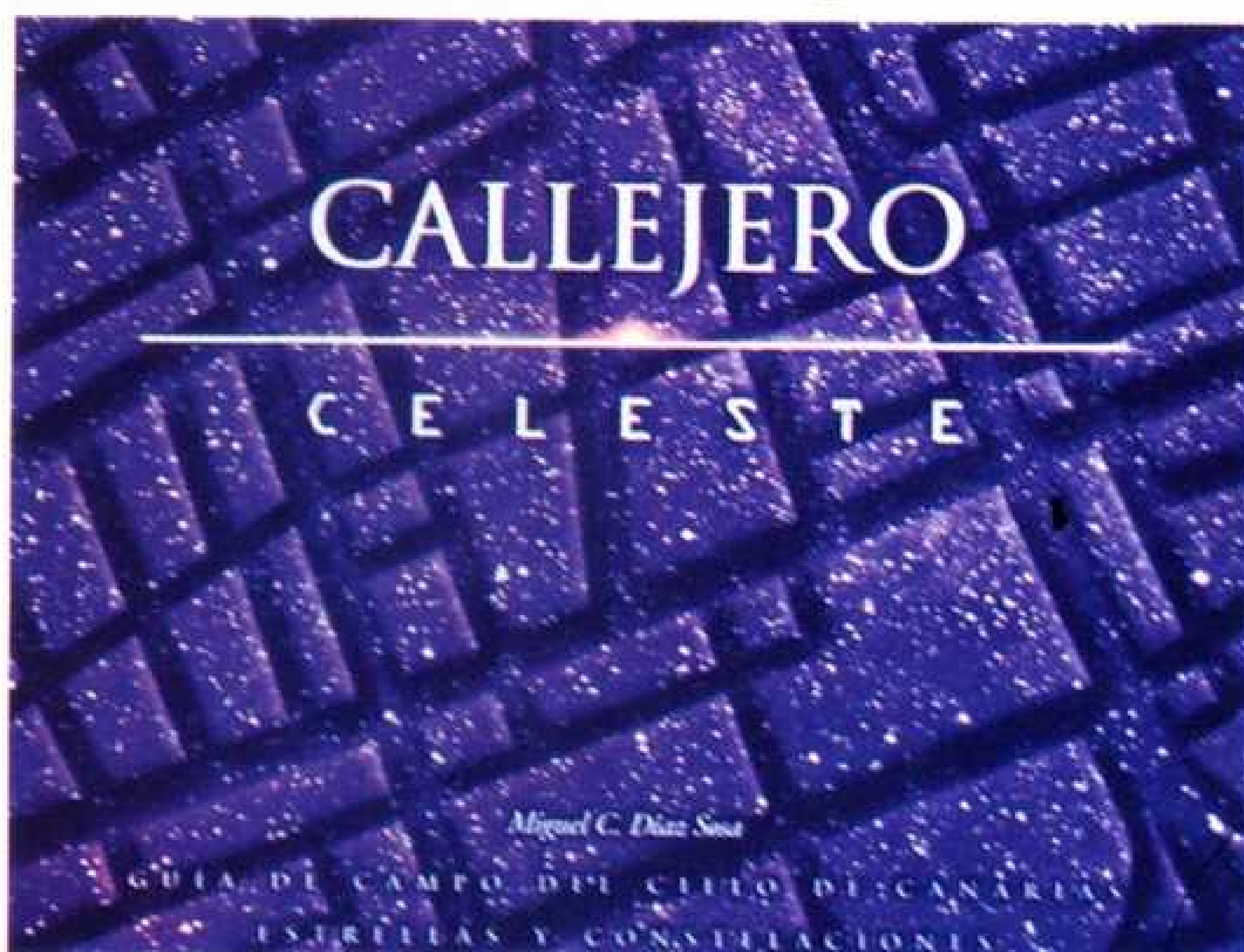
Al autor de este libro se le deben varias cosas: como Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Enric Trillas impulsó la investigación española como no se había conocido hasta entonces, creó varios institutos de alta tecnología y desarrolló una constante labor divulgadora. En el campo de la Inteligencia Artifical, no sólo hay que agradecerle sus aportaciones como investigador, sino que haya introducido en España la *fuzzi logic*, o lógica borrosa, una revolucionaria tecnología que amenaza con jubilar definitivamente al software de los ordenadores. La *fuzzi logic* es un maravilloso intento de hacer que el cerebro de la máquina funcione de la manera más parecida al del hombre. Que pueda tomar decisiones partiendo de informaciones vagas, difusas, imprecisas, igual que lo hacen los seres humanos Este libro también nos cuenta cómo nacieron los sistemas expertos, la inteligencia artificial y qué podemos esperar de ella.



Enric Trillas
La Inteligencia Artificial
Temas de Debate
2.500 pesetas

Una preciosa guía para viajar por el cielo

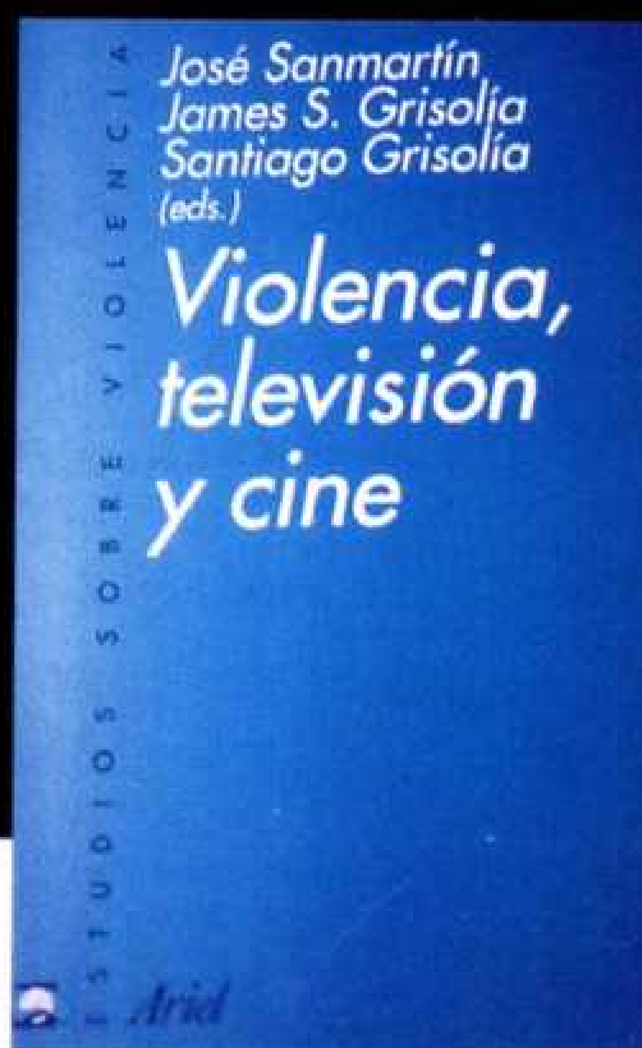
Este callejero celeste es como una ventana por la que entran las estrellas y las galaxias. Las fotografías en color son impresionantes y los textos gozan del rigor y la amenidad de toda gran obra de divulgación. Para conseguir estos resultados, Miguel Díaz Sosa, un reconocido especialista en técnicas de fotografía astronómica, invirtió más de 12.000 horas de observación. Además de las espectaculares imágenes que ofrece, el libro nos propone un apasionante viaje por las estrellas, enseñandonos a *navegar* sin perdernos por el cielo.



Miguel Díaz Sosa
Callejero celeste
Cabildo de Gran Canaria
7.000 pesetas

Por qué somos violentos

Una puesta al día sobre uno de los fenómenos más extendidos en nuestra sociedad: la violencia. A través de los últimos estudios sobre la materia, expertos españoles y extranjeros analizan las causas de la agresividad y la violencia, siempre bajo el enfoque científico. El texto forma parte de una colección del Centro Reina Sofía para el Estudio de la Violencia, y en él se incluyen, además, recomendaciones de tipo práctico para padres, educadores y políticos.



José Sanmartín y otros
Violencia, televisión y cine
Editorial Ariel
1.500 pesetas



El futuro que le espera a la ciencia

Dios, los quarks, los robots o *Star Trek*. ¿Hemos contestado a todas las preguntas? ¿Es la ciencia actual un rompecabezas? Se trata de una visión global, divertida, reflexiva e incluso profunda de la gran aventura científica en la que se ha embarcado la sociedad moderna.

John Horgan
El fin de la ciencia
Editorial Paidós
3.300 pesetas



Una velada con las estrellas

Nuestros antepasados creían que las estrellas eran luces *clavadas* en la cúpula celeste. Hoy sabemos mucho más sobre ellas: conocemos de qué forma nacen y mueren, de qué materia están hechas y cuáles son sus movimientos. Pero nos siguen fascinando, hasta el punto de confiarles nuestro destino. Vamos a observarlas de cerca para descubrir lo que sucede en el firmamento

Se cuenta que los pueblos de Mesopotamia fueron los primeros que se aventuraron a distinguir las constelaciones. Después, estos conocimientos se difundieron hacia Egipto y Grecia, donde la tradición originaria se enriqueció con el patrimonio mitológico local. Durante mucho tiempo, se creyó que la Tierra era el centro del universo. Los griegos de la época clásica pensaban que los planetas y las estrellas fijas giraban en torno a ella. Esta idea no resulta tan extraña si se observan los movimientos de los astros por la noche. Fue el astrónomo alejandrino Claudio Tolomeo (siglo II d. C.), quien estableció la teoría geocéntrica del movimiento celeste, al clasificar más de 1.000 estrellas fijas en 48 constelaciones.

El siglo XV, época de las grandes navegaciones, marca otra etapa fundamental en la historia de la Astronomía, pues fue entonces cuando se abrieron las fronteras australes, terrestres y celestes. En el siglo XVI, el polaco Nicolás

continúa en pág. 130



REALIDAD Y MITO
Tres ejemplos de constelaciones: el Cisne, la Lira y el Águila. El hombre las ha inventado observando la cúpula celeste como si fuera un folio plano: los astros serían los puntos que dibujan una figura. En realidad, las estrellas que las componen están en planos distintos y a diferentes distancias.

Copérnico elaboró la teoría heliocéntrica del movimiento celeste, según la cual era la Tierra la que giraba alrededor del Sol.
La teoría se hizo pública en 1543 y resolvía algunas incongruencias del pensamiento anterior acerca de los movimientos de los cuerpos celestes. De todas formas, fueron necesarios decenios, por no decir siglos, antes de que esta teoría resultara plenamente aceptada por la comunidad científica.
En el siglo XVII, la invención del telescopio reavivó el interés de los estudiosos por las estrellas. En este periodo, se clasificaron nuevas constelaciones. En 1718, el inglés Edmund Halley estudió la posición de las estrellas fijas y comprobó que su posición relativa variaba.
Más de un siglo antes, en 1596, el alemán Fabricius había llegado a la conclusión de que la luminosidad de Mira (una estrella de la constelación de

Se han necesitado 1.500 años para dar nombre a las nuevas constelaciones



Magnitud: índice de resplandor
Espectro: temperatura de la estrella (O más caliente, M más fría)

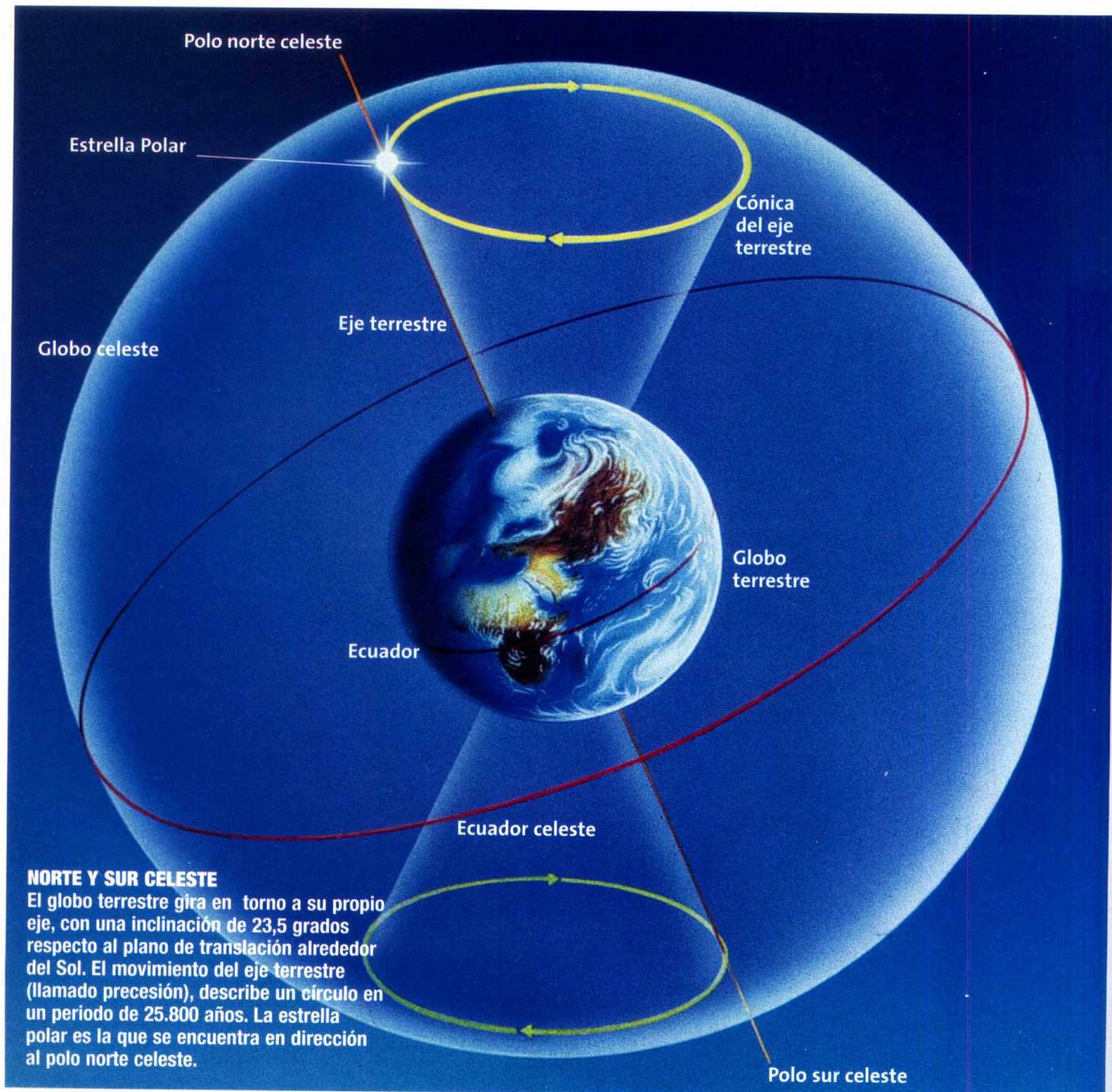
la Ballena) era variable. Un descubrimiento trascendental, ya que hasta ese momento se creía que las estrellas estaban fijas en la esfera celeste. A partir de las observaciones realizadas por Fabricius y Halley, resultó evidente que las estrellas fijas no permanecían siempre igual, pues la Tierra, en el transcurso de su órbita alrededor del Sol, cambiaba de posición y transformaba, lógicamente, la perspectiva que se tenía de las estrellas. Los valores de estas diferencias eran tan pequeños que resultaban casi inapreciables y, por ello, durante mucho tiempo apenas se les había prestado atención.

En 1838, varios astrónomos, entre ellos el alemán Friedrich Wilhem Bessel, que abrió el camino de la medición de la distancia entre la Tierra y las estrellas más próximas, observaron esa diferencia. Gracias a sus estudios astronómicos se apreció la tridimensionalidad de los movimientos de las estrellas. En 1925, se estableció internacionalmente el número de 88 constelaciones: 48 corresponden a las tolomeícas; las 40 restantes son las incorporadas a partir de los descubrimientos de la Era Moderna.

EL CIELO FIGURADO
La ilustración representa las 88 constelaciones en el cielo boreal (arriba) y en el austral (abajo). El número no es casual sino oficial: en 1925, la Unión Astronómica Internacional las fijó así.

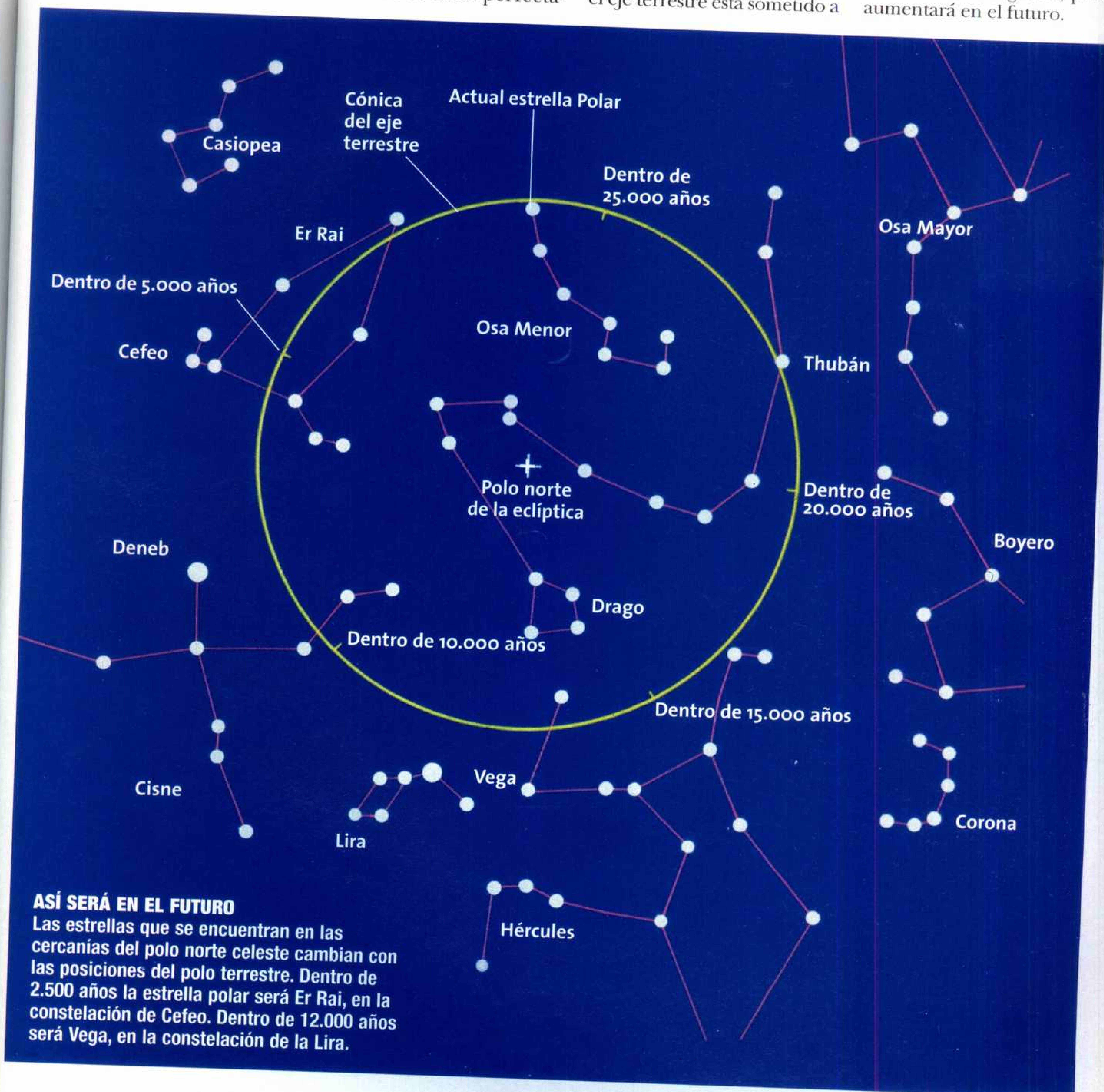
Polar: la estrella más querida

La estrella Polar es, sin duda, el astro que conoce todo el mundo. O mejor dicho, que cree conocer. La actual estrella Polar se encuentra en la Osa Menor y se ha convertido en tal hace tan sólo un 2.000 años. Tres mil años antes, en el antiguo Egipto, lo era Tubán, en la constelación del Dragón. Esto es así porque la considerada estrella Polar sólo es un punto en el cielo, donde en este momento se encuentra una determinada estrella. Pero éstas cambian de posición, y así, dentro de 12.000 años, el puesto lo ocupará Vega de la constelación de la Lira. Ese cambio de posición de las estrellas visibles en el cielo nocturno depende de las estaciones y de las horas del día. Sólo la Polar se diferencia al brillar siempre



NORTE Y SUR CELESTE
El globo terrestre gira en torno a su propio eje, con una inclinación de 23,5 grados respecto al plano de translación alrededor del Sol. El movimiento del eje terrestre (llamado precesión), describe un círculo en un periodo de 25.800 años. La estrella polar es la que se encuentra en dirección al polo norte celeste.

en la misma posición durante todo el año, por eso es un punto de referencia insustituible.
La Tierra gira en torno a su propio eje. El punto de encuentro entre el eje terrestre y la supuesta esfera celeste se llama Polo Norte Celeste. Sobre esta línea de unión entre el eje terrestre y la esfera celeste se encuentra la estrella Polar. Las estrellas visibles en el hemisferio Boreal (el septentrional, en el que nos encontramos nosotros) se mueven de este a oeste, en torno a la Polar, 15 grados en una hora. En realidad, no es del todo cierto que la estrella Polar esté en un punto fijo, realmente no se halla perfectamente alineada con el polo norte celeste, y también ella posee su propia órbita.
Si se la observa bastante tiempo, se descubre algo interesante. Pensemos en una peonza, el vértice de su eje comienza a oscilar visiblemente cuando su rotación se ralentiza. También el eje terrestre está sometido a un movimiento de oscilación análogo, llamado precesión, que completa en 25.800 años. Al variar la dirección del eje terrestre, también cambia la estrella que ocupa la posición polar. La distancia entre el polo norte celeste y la estrella Polar actual es de un grado, pero aumentará en el futuro.



ASÍ SERÁ EN EL FUTURO
Las estrellas que se encuentran en las cercanías del polo norte celeste cambian con las posiciones del polo terrestre. Dentro de 2.500 años la estrella polar será Er Rai, en la constelación de Cefeo. Dentro de 12.000 años será Vega, en la constelación de la Lira.

De crucero para mirar las estrellas

- **En América Central y Suramérica,** pudo contemplarse, de forma privilegiada, un eclipse total de Sol el pasado 26 de febrero.
- **En la noche del 21 al 22 agosto,** la Luna oscurecerá al Sol, pero sólo en parte, por lo que se admirará un incandescente anillo solar. Para seguir este fenómeno, llamado eclipse anular, será necesario ir hacia Oriente, por ejemplo, entre Malasia, las islas de Sumatra y Borneo. Un viaje en el que se deben prever paradas en Singapur y Kuala Lumpur, más algunos días dedicados al descubrimiento de Borneo desde Kuching a Sandakan y Kuala Lumpur.

Perdón, ¿para la Vía Láctea?

Todos los astros que se ven brillar en el cielo están reunidos aquí

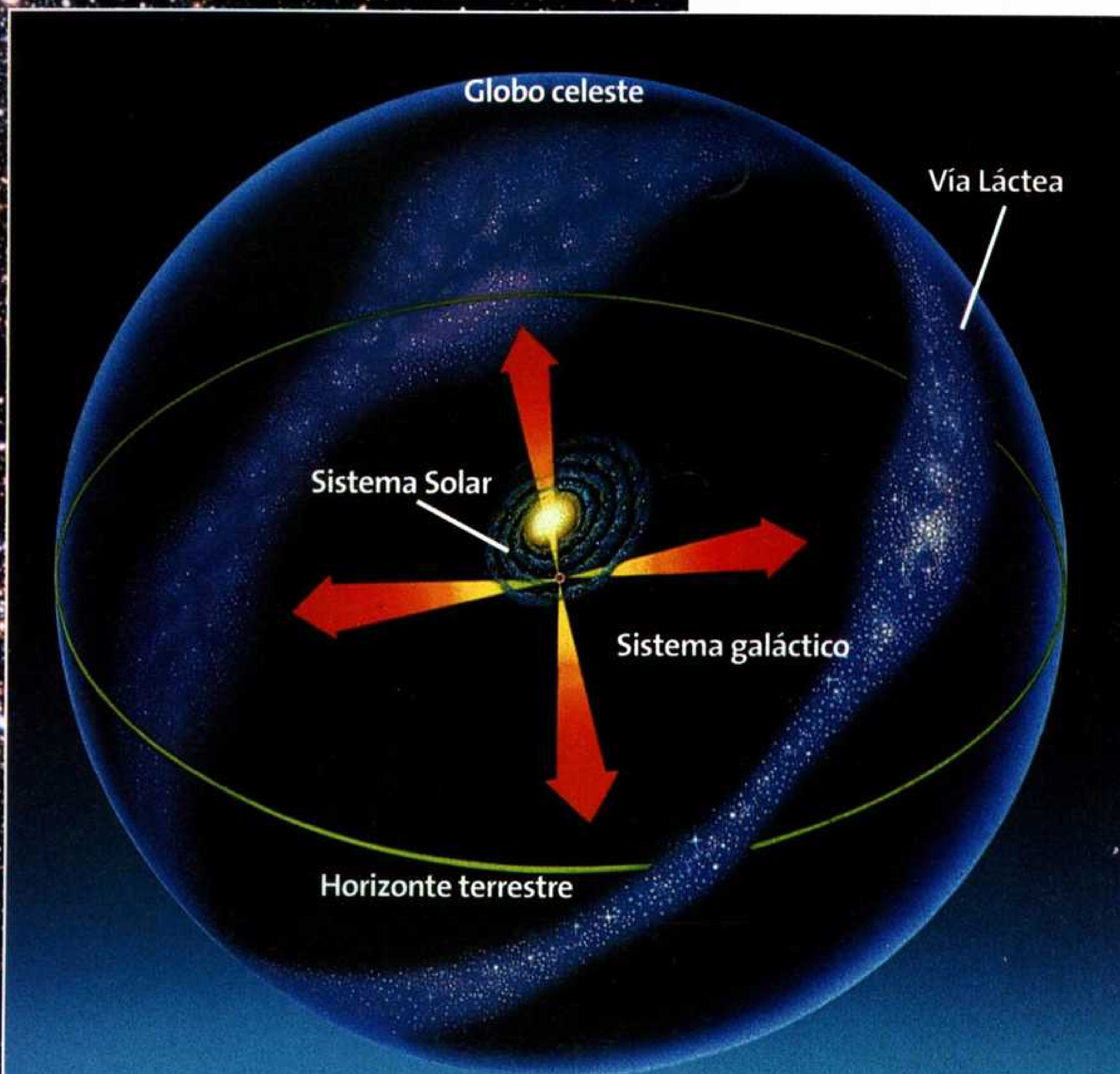
Un río que fluye por las regiones celestes; un gas que, desprendiéndose desde la Tierra, fluctúa en el cielo; o el *esplendor hiperuránico*, que proviene de un mundo situado más allá de la esfera celeste, y que se muestra desde una *grieta en el techo del cielo*... La Vía Láctea, nuestra galaxia, ha estado, desde los tiempos más remotos, rodeada de un gran halo de misterio. En ella brillan centenares de millones de estrellas (más por la diferencia de aspecto que muestran respecto a los otros cuerpos celestes), que han despertado la fantasía de los observadores del firmamento en todas las épocas.

El primero en escrutar el cielo nocturno con un telescopio fue Galileo Galilei en 1609. El científico se percató de que aquella franja de apariencia gaseosa estaba en realidad constituida por una extraordinaria aglomeración de estrellas.

En 1784, el astrónomo angloalemán William Herschel descubrió que las estrellas estaban diseminadas en una formación convexa. Seguidamente, con el progreso de las investigaciones astronómicas, se llegó a la conclusión de que el Sol, en lugar de ser una *estrella especial*, era uno de los millones y millones de astros que componen la galaxia.

La Vía Láctea es una galaxia con estructura en espiral y un radio de 50.000 años luz. El Sol ocupa una posición que dista 28.000 años luz del centro de la galaxia. Todas las estrellas que vemos a simple vista pertenecen a la Vía Láctea.

Cerca del Sol, la concentración de estrellas es baja. Esto provoca que si miramos al cielo de noche en dirección vertical respecto al plano de la galaxia, se vea sólo un número exiguo de estrellas. Éstas se concentran, sin embargo, en la zona vecina y el brillo estelar parece atravesar de manera similar a una franja horizontal al plano de la Galaxia.



GALÁCTICAMENTE NUESTRO. En la foto grande, la Vía Láctea, en cuyo interior se encuentra la Tierra. La Vía Láctea, vista de lado (en la ilustración), se muestra como una franja que rodea nuestro planeta. Esto depende, sobre todo, del brillo de las numerosas estrellas que se hallan en dirección al centro de la galaxia. Como el plano de la órbita del sistema solar está inclinado 63 grados respecto al plano de la galaxia, la Vía Láctea se despliega oblicuamente respecto al horizonte terrestre.

GRANDEZAS ESTELARES

La *grandeza (magnitud) estelar aparente* es la luminosidad de una estrella tal y como la percibimos desde la Tierra. La *grandeza estelar absoluta* es aquella que tendrían las estrellas si todas se encontraran a la misma distancia de la Tierra, establecida convencionalmente en 32,6 años luz. La magnitud absoluta de las estrellas más cercanas a 32,6 años luz resulta, por lo tanto, mayor que la magnitud aparente e, inversamente, la magnitud absoluta de estrellas más lejanas de esa distancia resulta menor que la magnitud aparente. La ilustración muestra algunas de las estrellas tal y como las percibimos en realidad, y cómo las veríamos si se encontraran todas a la misma distancia de la Tierra.

Distancia: 500 años luz.
Magnitud aparente: variable, el máximo es de 0,4.
Estrella de la constelación de Orión, brilla en rojo en la parte derecha de la constelación, y es la novena estrella más luminosa del cielo.

Distancia: 400 años luz.
Magnitud aparente: 2,0.
Es una estrella de la constelación de la Osa Menor. Brilla con un color amarillo-blanco. Es fácil de distinguir, pues tiene pocas estrellas luminosas a su alrededor.

Sirio
Magnitud absoluta: 1,4

Estrella polar
Magnitud absoluta: -3,2

Betelgeuse
Magnitud absoluta: -7

Distancia: 8,7 años luz.
Magnitud aparente: -1,5.
Es una estrella de la constelación del Can Mayor, emite una brillantez azul-blanca, y es la estrella más luminosa del cielo por magnitud. Es la quinta estrella más cercana al Sol.

Deneb
Magnitud absoluta: -7,2

Sol
Magnitud absoluta: 4,8

Distancia: 0,000016 años luz (149.960.000 kilómetros).
Magnitud aparente: -26,7

Sirio, la gran simuladora

Distancia: 1.800 años luz. Magnitud aparente: 1,3. Es una estrella de la constelación del Cisne y brilla en blanco. En verano forma un gran triángulo con Vega, de la constelación de Lira, y Altaír, de la constelación del Águila.

La luminosidad de una estrella se mide en *magnitud*, que es una indicación decreciente (a mayor luminosidad de una estrella menor es su magnitud). Por ejemplo, en la Vía Láctea brillan al menos 200.000 millones de estrellas, pero, a simple vista, sólo se contemplan las que alcanzan magnitud 6. En el siglo II antes de Cristo, el astrónomo griego Ipparco dividió las estrellas en seis clases de grandeza, basándose en la premisa de que las menos luminosas entre las estrellas visibles a simple vista tuvieran la grandeza 6 y que las 20 estrellas más luminosas tuvieran una grandeza 1. Existe una diferencia de luminosidad de dos veces y media entre estrellas de la primera y segunda grandeza. Las estrellas que superan la grandeza 1 de luminosidad tienen grandeza 0, −1, −2...

La estrella más luminosa del cielo es Sirio, en la constelación del Can Mayor, con magnitud −1,5: La siguen Canopo (constelación de la Quilla −0,7), Alfa (constelación del Centauro, −3,0), Arturo (Constelación del Boyero 0,0). Hay 21 estrellas de magnitud superior a 1; 67 de magnitud 2; 190 de magnitud 3; 710 de magnitud 4; 2.000 de magnitud 5 y 5.600 de magnitud 6.

Hasta aquí, hemos hablado de la *grandeza estelar aparente*, es decir, de la luminosidad observada desde la Tierra.

Parece el punto más luminoso porque está 'sólo' a 8,7 años luz

Pero la distancia entre nosotros y las estrellas no es fija. Una estrella de luminosidad constante aparecerá tanto más luminosa cuanto más cerca esté de la Tierra. La luminosidad expresada en valores mensurables a una determinada distancia se llama *grandeza estelar absoluta*, y es la luminosidad de cada estrella si fuese trasladada a una distancia de 32,6 años luz de la Tierra.

Sirio aparece como la estrella más luminosa, aunque, estando a tan sólo 8,7 años luz de distancia, tiene una magnitud absoluta de 1,4. Por el contrario, Deneb, de la constelación del Cisne, que tiene una magnitud aparente de 1,3, es una estrella extremadamente luminosa. Estando a 1.800 años luz de distancia tiene una magnitud absoluta de −7,2. Para comprenderlo mejor, el Sol, la estrella más cercana a la Tierra, tiene una magnitud aparente de −26,7. La cercanía hace del Sol la estrella más luminosa, pero su magnitud absoluta es de apenas 4,8, la de una estrella normal.

Las mayores estrellas vistas desde la Tierra

Nombre de la estrella (constelación)	magnitud aparente	distancia en años luz	magnitud absoluta	color de la estrella
Sirio (Can Mayor)	-1,5	8,7	1,4	blanco
Canopo (Quilla: Alfa)	-0,7	80	-5	amarillo/blanco
Alfa Centauro	-0,3	4,3	4,4	amarillo
Arturo (Boyero: Alfa)	0,0	30	-0,1	naranja
Vega (Lira: Alfa)	0,0	25	0,7	blanco
Rigel (Orión: Beta)	0,1	700	-7	azul
Capela (Auriga: Alfa)	0,1	40	-0,4	amarillo
Proción (Can Menor: Alfa)	0,4	11,4	2,7	amarillo/blanco
Betelgeuse (Orión: Alfa)	0,4	500	-7	naranja/rojo
Achernar (Erídano: Alfa)	0,5	80	-1,7	azul
Agena (Centauro: Beta)	0,6	330	-4,3	azul
Aldebarán (Tauro: Alfa)	0,8	60	-0,5	naranja
Altaír (Águila: Alfa)	0,8	16	2,3	blanco
Acrux (Cruz del Sur: Alfa)	0,8	450	-5	azul
Spica (Virgo: Alfa)	1,0	350	-3,2	azul
Antares (Escorpio: Alfa)	1,0	500	-5,4	naranja/rojo
Polus (Géminis: Beta)	1,1	35	1,0	naranja
Fomalhaut (Pez austral: Alfa)	1,2	22	2,0	blanco
Regulo (Leo: Alfa)	1,3	70	-0,4	azul
Deneb (Cisne: Alfa)	1,3	1800	-7,2	blanco
Beta de la Cruz del Sur	1,3	500	-4,6	azul

NOTA: para Alfa Centauro, Capella y Arturo se ha realizado un valor de conjunto, tratándose de estrellas múltiples.



DESPUÉS DE LA EXPLOSIÓN
La nebulosa del cangrejo, en la constelación de Tauro. Es el residuo de la explosión de una supernova acaecida en 1054. Según las crónicas de la época, el fenómeno fue contemplado, a simple vista, en pleno día.

Gas interestelar

Gas que se segmenta y se contrae

Estrella con masa similar a 8 veces la del Sol. El cuerpo estelar entero es eliminado

Estrella de neutrones

Estrella con masa 20 veces superior a la del Sol

Enana blanca

Agujero negro

Nebulosa planetaria

Estrella con masa 30 veces superior a la del Sol

Roja gigante

Explosión de una supernova

ENANAS BLANCAS Y AGUJEROS NEGROS

En esta página, está ilustrado el ciclo de nacimiento, vida y muerte de las estrellas. Reciben vida del gas interestelar y, después de haber transcurrido un largo periodo como estrellas principales de un sistema, dejan el gas del que estaban constituidas en el universo bajo forma de nebulosas planetarias, a través de explosiones de supernovas. El gas disperso en el espacio se convierte en material susceptible de dar vida a nuevas estrellas.

Así nace, muere y... resucita

Nacimiento de una protoestrella

Estrella de gran masa

Estrella en secuencia principal

Estrella de masa reducida

Supergigante roja

Estrella en secuencia principal

Las estrellas no son eternas, sino que nacen y mueren. Su vida depende de la masa: cuanto más grande es, mayor será la energía irradiada y más breve su vida. La longevidad de una estrella como el Sol se acerca a los 10.000 millones de años. Una estrella de masa 10 veces superior al Sol vive más o menos 25 millones de años. Por el contrario, la vida de una estrella de masa inferior a la mitad de la solar puede superar el billón de años.

Las estrellas están constituidas del mismo gas que el espacio interestelar. El espacio entre estrella y estrella está extremadamente enrarecido: contiene tan sólo un átomo de hidrógeno por centímetro cúbico. Cuando la densidad del gas aumenta por las explosiones de supernovas o choque entre nebulosas, éste puede concentrarse por la fuerza de la gravedad ejercida por el gas y, en la parte central, puede surgir la fase inicial de la vida de una estrella. Seguidamente, esta primitiva formación estelar se contrae y aumenta de temperatura.

Si en el centro de la estrella se alcanzan los 10 millones de grados, sobreviene una reacción de fusión nuclear que transforma el hidrógeno en helio. En este momento, la estrella se estabiliza y comienza a brillar. Este periodo de equilibrio se llama *secuencia principal* y constituye más del 90% del periodo de vida de una estrella.

Cuando una estrella con una masa similar a la del Sol agota el hidrógeno de su núcleo, los estratos externos se expanden y se transforma en una *gigante roja.* Después, la atmósfera de los estratos externos se dispersa, mientras la parte central vive bajo la forma de *enana blanca.* Estrellas con un tamaño ocho veces mayor al del Sol se transforman, al final de sus vidas, en *supergigantes rojas.* Finalmente, explotan con intenso resplandor, tomando el nombre de supernovas. En función de su masa, pueden dejar como huella una estrella de neutrones o un agujero negro.

Los gases liberados por la estrella, o a la deriva por explosiones de supernovas, formarán el material para las futuras estrellas. De esta manera, la materia del universo cumple un ciclo completo: de gas a estrellas; y de estrellas, a gas.

Pequeñas, medianas, enormes

Las dimensiones de las estrellas varían mucho: van desde las supergigantes rojas, que alcanzan un tamaño 100 veces superior al del Sol, hasta la enanas blancas, de un tamaño cercano al de la Tierra. El Sol es una estrella de dimensiones medianas. Las gigantes rojas y las supergigantes rojas son estrellas que pueden ser 100 veces mayores que él. Se puede hacer una comparación con las órbitas de los planetas del sistema solar: las estrellas supergigantes superarían la órbita trazada por Marte (cerca de 230 millones de kilómetros).

Son gigantes rojas Capella, de la constelación de Auriga, y Polus, de la constelación de Géminis. Son supergigantes rojas Antares (Escorpio) y Betelgeuse (Orión). Gigantes y supergigantes rojas tienen una masa pequeña respecto al radio, por la expansión y enrarecimiento de los gases que la componen. La masa de casi todas las estrellas fijas se valora entre dos extremos: 30 veces superior a la masa del Sol y la décima parte de la masa del Sol. Entre las estrellas en fase de secuencia principal (v. página anterior), podemos citar a Vega, de la constelación de la Lira, y Altaír, de la constelación del Águila. En cuanto al color, cambia en función de la temperatura de la superficie estelar; el paso entre los colores azul-blanco, blanco, amarillo y rojo corresponde al paso de temperaturas altas a temperaturas más bajas. Independientemente de su color, las estrellas, al final de sus vidas, se transforman en gigantes o supergigantes rojas.

Entre las estrellas extremadamente pequeñas con relación al Sol, están las enanas blancas y las estrellas de neutrones. Las enanas blancas, cuerpos celestes con un radio de 10.000 kilómetros, se forman tras la muerte de estrellas de masa algo inferior a la del Sol. Se puede comprender su pequeña dimensión si se compara con el radio terrestre, que mide alrededor de 6.400 kilómetros. Son poco luminosas. Además, se ha descubierto que algunos centenares de ellas hacen compañía a otras estrellas (giran la una en torno a la otra). En este caso, se las llama sistema binario, como sucede en Sirio.

Las estrellas de neutrones, por el contrario, surgen después de la muerte de estrellas que tenían una masa superior a ocho veces la solar; su radio es extremadamente pequeño (solamente 10 kilómetros), pero su densidad es tan elevada que están listas para transformarse en un agujero negro.

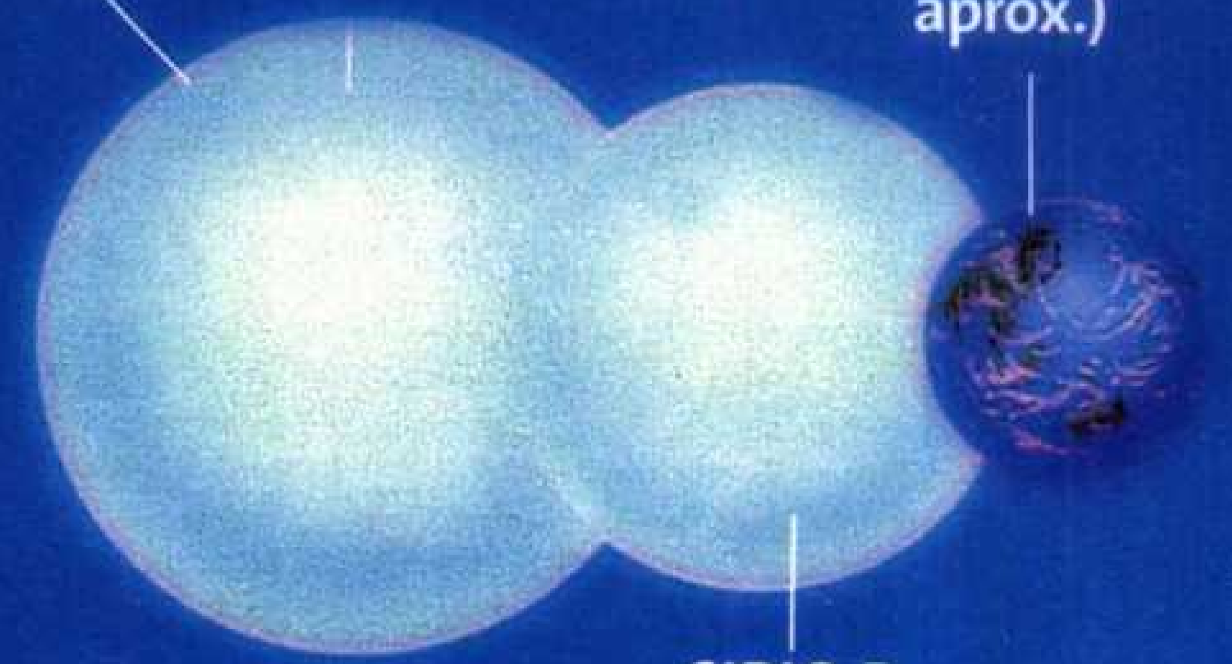
Las supergigantes rojas tienen un tamaño 100 veces superior al del Sol

MIRA (radio: 440 veces el del Sol)

32 A de la constelación del Cisne (radio: 350 veces el del Sol)

LAS MAYORES SON LAS MENOS CALIENTES
Estrellas muy grandes tienen un radio cientos de veces superior al del Sol. Hemos puesto estas dimensiones en comparación al Sistema Solar. Estas estrellas enormes se llaman gigantes o supergigantes rojas y tienen una temperatura superficial baja, de alrededor de 3.000ºC. La masa es pequeña con relación a las dimensiones: una supergigante roja de radio 100 veces superior al del Sol puede tener una masa sólo 10 veces mayor.

SIRIO B, LA 'PEQUEÑITA' A la derecha, ejemplos de enanas blancas, estrellas no mucho mayores que la Tierra y, por lo tanto, poco luminosas. Su masa es, sin embargo, casi igual a la del Sol, por lo que son muy densas. Aparecen de color blanco-azul teniendo una temperatura en la superficie superior a 10.000ºC. Son residuos de estrellas que, transformadas en gigantes rojas, han perdido los estratos exteriores del núcleo.





PARA HACER UNA VEGA SE NECESITAN TRES SOLES. Encima, estrellas comparables al Sol en fase de *secuencia principal*, que corresponde al 90% de su vida. Su color varía pasando del rojo al azul merced al aumento de la temperatura de la superficie. Cuanto más alta es la temperatura de la superficie, tanto más luminosa es la estrella.





También ellas tienen planetas

Nuestro Sol está rodeado por nueve planetas formados, según se cree, por una fuerte condensación de gas y polvillo que originó, en un primer momento, los llamados *protoplanetas*. Los actuales planetas se formaron como resultado de sucesivas colisiones y recomposiciones de estos *protoplanetas*. Hoy, desvelado el proceso del origen de una estrella, se piensa que con toda probabilidad los *protoplanetas* se formen en torno a ellas. Al principio poseen unas dimensiones muy pequeñas, aunque más tarde crecen hasta convertirse en lo que conocemos como planetas.

Estamos seguros de su existencia, pero no podemos verlos

Hasta ahora, se han detectado más de 10 estrellas rodeadas por planetas (por ejemplo, la estrella de Barnard o la 61 A de la constelación del Cisne). Con los instrumentos actuales es imposible observar directamente estos planetas, pero sí se pueden formular hipótesis sobre su existencia, mediante el estudio de las diversas perturbaciones del movimiento estelar, causadas por las masas que giran a su alrededor. Se trata, sin embargo, de un método difícil y complejo, al basarse en la posibilidad de notar el mínimo cambio que presente el movimiento de una estrella. Además, actualmente no se pueden detectar con este sistema planetas de menor tamaño que Júpiter.

LAS SORPRESAS DEL COSMOS
Imagen de una estrella con planetas. Astrónomos y astrofísicos han detectado, hasta hoy, al menos 10 estrellas que cuentan con planetas que giran a su alrededor: las indicadas en la tabla bajo el texto.

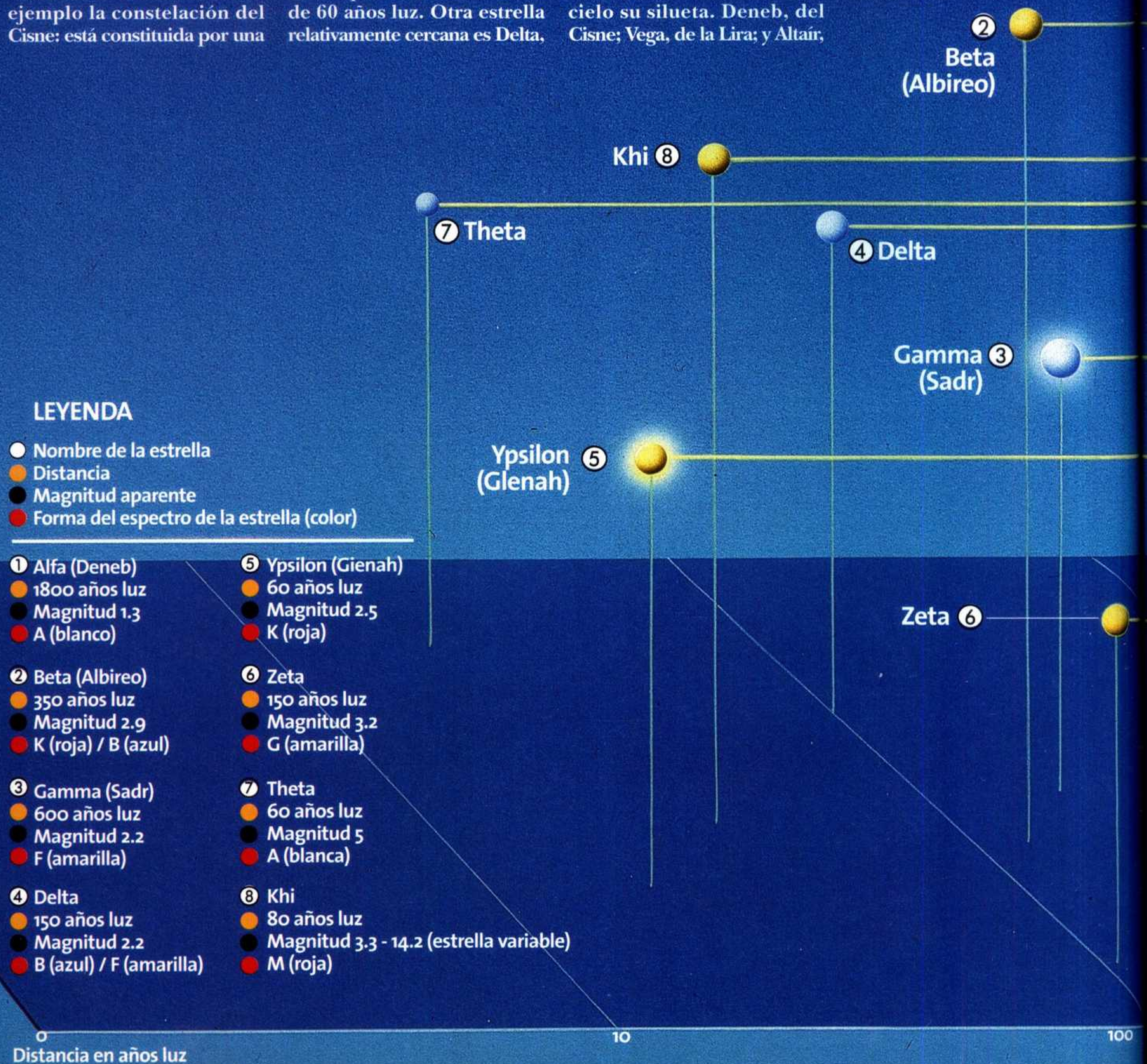
Las 10 estrellas con planetas

NOMBRE	DISTANCIA EN AÑOS LUZ	MASA DEL PLANETA (respecto a Júpiter, considerado como 1)
Barnard	6.0	1,1
Laland 21185	8.2	10
Épsilon Erídano	10.8	6~50
61 A Cisne	11.1	8
BD+434305	16.9	10~30
BD+5 1668	12.3	—
60 A de Klugel	12.8	9
70 A de Ofiuco	17	10; 12
HD 114762	90	11
PSR 1257+12	1600	0,0088; 0,01

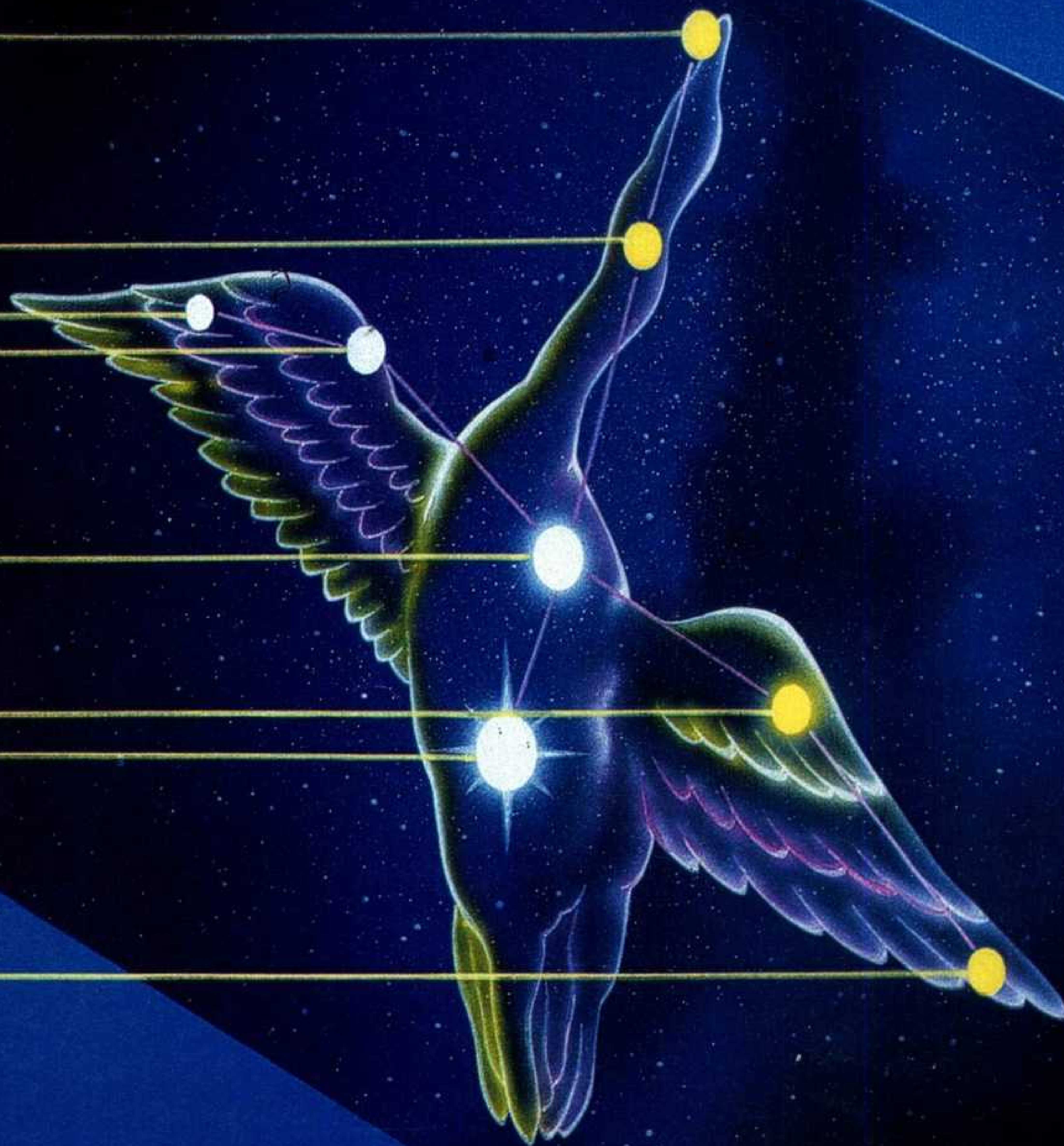


Por la Vía Láctea vuela un cisne

Cuando se observa el cielo, parece que todas las estrellas se encuentran a la misma distancia. En realidad, no es así: la distancia en años luz varía considerablemente de unas a otras. Las constelaciones son grupos de estrellas considerados desde la perspectiva de observación. Tomemos como ejemplo la constelación del Cisne: está constituida por una estrella Alfa (Deneb), con una luminosidad de magnitud 1.3, y por otras estrellas de magnitud entre 2 y 3, lo que las hace fáciles de detectar. La estrella más luminosa es Deneb, la más alejada de la Tierra ya que se encuentra a 1.800 años luz, aproximadamente; la más cercana, Ypsilon, a una distancia de 60 años luz. Otra estrella relativamente cercana es Delta, que dista 150 años luz, o Beta (Albireo), a 350.
Las dos estrellas más cercanas se encuentran situadas sobre las alas del cisne. Deneb y Albireo, forman la cola y el pico. Conocer la distancia de las diferentes estrellas de una constelación ayuda a diferenciarlas, observando cómo resalta en el cielo su silueta. Deneb, del Cisne; Vega, de la Lira; y Altaír, de Águila, constituyen el llamado *Gran triangulo estivo*. Considerar las constelaciones como cuerpos sólidos dotados de volumen y no sólo como figuras planas que se encuentran sobre una superficie también plana, resulta un modo eficaz y más interesante de observar estos astros.



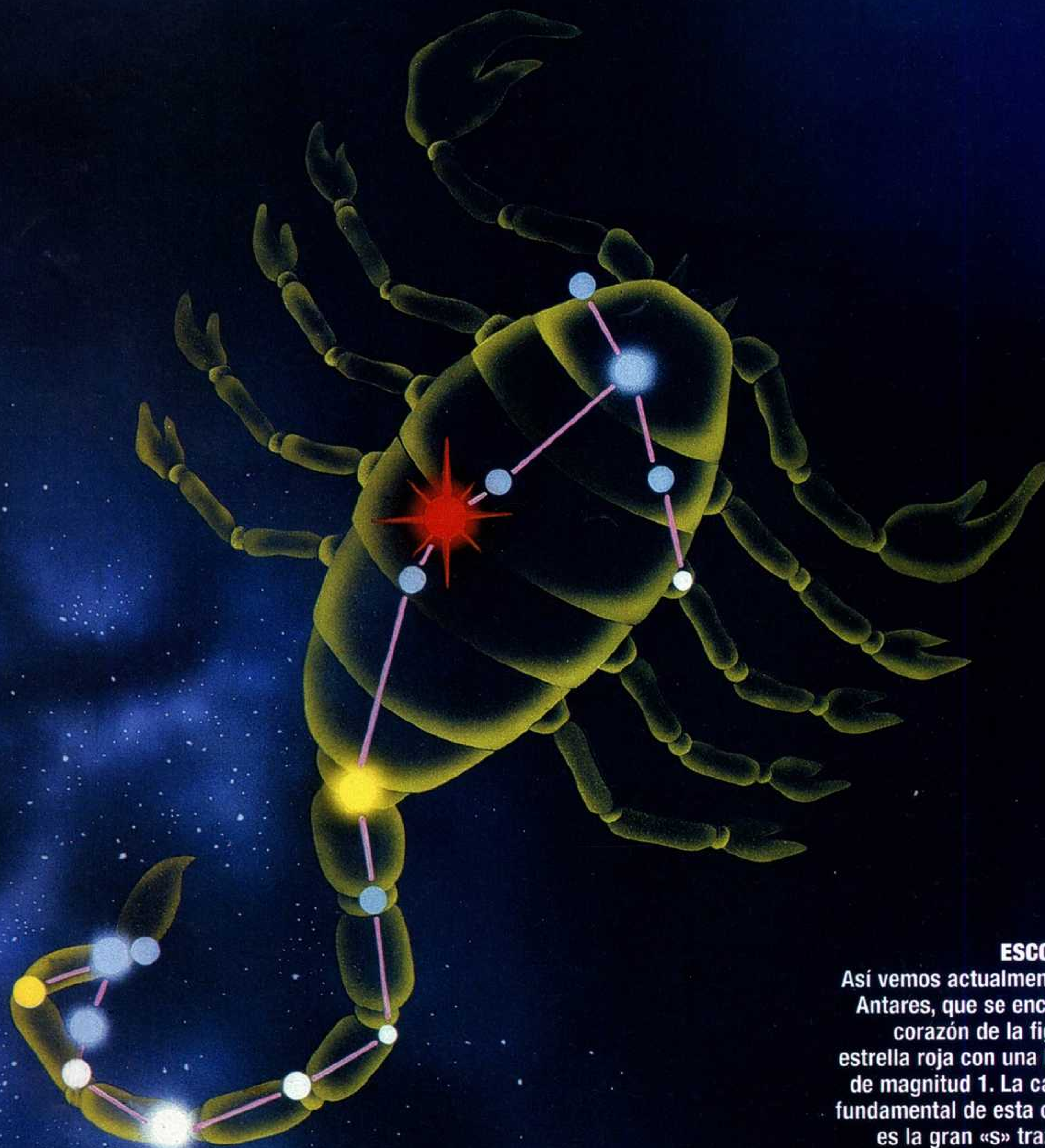
OCHO ESTRELLAS ENTRE LAS ALAS
La ilustración de esta página propone un esquema tridimensional que evidencia las diferentes distancias entre las estrellas que forman la constelación del Cisne. La más alejada de la Tierra es Deneb; la más cercana, Ypsilon.



El día que desaparezca la

Antares es una de las estrellas más bellas del firmamento, y también la más representativa de Escorpio, una constelación que se caracteriza por una pronunciada cola en forma de «s». Pues bien, dentro de 50.000 años esta curiosa configuración ya no existirá. Las estrellas sufren, con el transcurso del tiempo, varias mutaciones causadas por sus movimientos diarios y anuales con relación a la rotación y a la traslación de la Tierra; además, cada una posee movimientos propios. Desde el momento en que todas las estrellas que forman las constelaciones se mueven con independencia del resto, parece inevitable que su destino sea despedazarse tras un largo periodo.

Ypsilon, la estrella que en la constelación de Escorpio marca el extremo inferior del cuerpo, se caracteriza por su movimiento pronunciado. A su vez, las estrellas que señalan la cola de Escorpio también se mueven. Dentro de 50.000 años, en virtud de estos movimientos, el abdomen del escorpión tendrá una parte inferior muy encorvada, y la curva en «s» de la cola, desaparecerá. En la ilustración, solamente aparecen



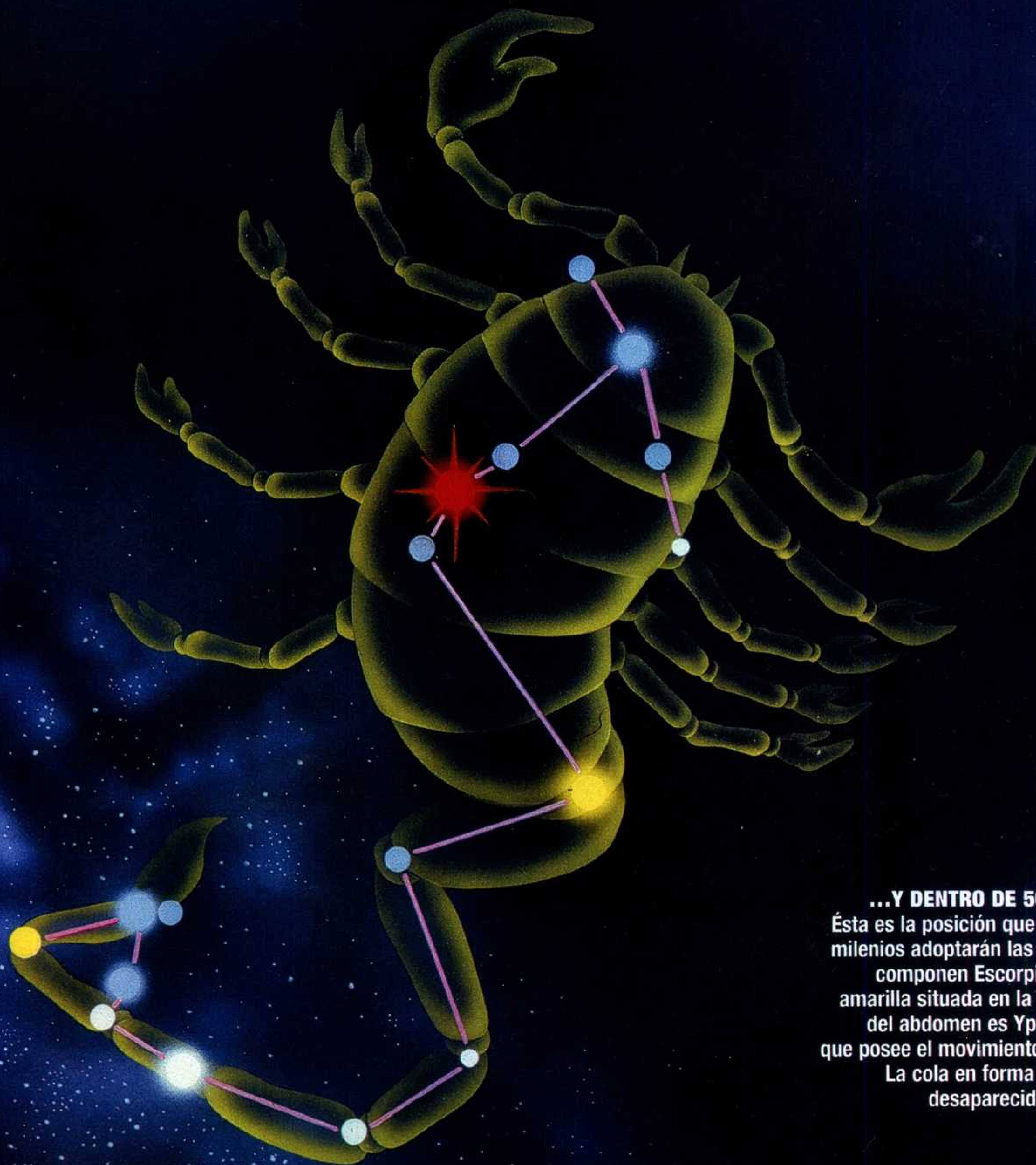
ESCORPIO HOY...
Así vemos actualmente Escorpio. Antares, que se encuentra en el corazón de la figura, es una estrella roja con una luminosidad de magnitud 1. La característica fundamental de esta constelación es la gran «s» trazada por las estrellas de la cola.

la cola del escorpión

...as que ...corpio ...Dentro ...tud de ...l abdo- ...endrá ... encor- ...» de la ... la ilus- ...arecen

reflejados los lugares de posición de las estrellas, pero en realidad también cambia la distancia: la estrella Zeta de la constelación de Hércules se aleja del Sol a una velocidad de 70 kilómetros por segundo; Alfa, del Fénix, se acerca a 75 kilómetros por segundo. Si varía la distancia, también lo hace la luminosidad, por lo que estrellas que hoy no logramos observar aparecerán muy luminosas dentro de decenas de miles de años. Pero si con el paso del tiempo nuevas estrellas serán visibles desde la Tierra, otras llegarán al fi... de su vida y se apagarán. An...res perderá su luminosid... dentro de 1.000 millones ... años, mientras que habr... surgido otras nuevas. El f...mamento entonces será co...pletamente diferente, y qui... sabe en cuántas constelac...nes lo dividirán los hombr...

Antares se apagará dentro de 1.000 millones de años, pero nacerán otras nuevas



...OY... ...pio. ...n el ...una ...dad ...ica ...ión ...las ...ola.

...Y DENTRO DE 50.000 AÑ... Ésta es la posición que dentro de... milenios adoptarán las estrellas ... componen Escorpio. La estre... amarilla situada en la parte infer... del abdomen es Ypsilon, aque... que posee el movimiento más rápi... La cola en forma de «s» hab... desaparecido totalmen...

Historia, mitología y significado

▶ ¿Quién era Orión? ¿Por qué no soportaba a Escorpio? ¿Cómo nació la



GÉMINIS, MITO UNIVERSAL

Los dogon, un pueblo que habita en el desierto africano del Téneré, identifican esta constelación con dos gemelos de sexo opuesto, de quienes habría surgido la Humanidad. Cada nacimiento de gemelos es recibido con alegría y aclamado como símbolo de fecundidad y de perpetuación de la estirpe. Los romanos encomendaban las carreras de cuádrigas a la protección de Géminis, una constelación que recuerda el mito de Cástor y Polux, nacidos de un mismo huevo. *Huevo* era cada una de las vueltas realizadas por las cuádrigas, simbolizadas por dos delfines.



CISNE, 5.000 AÑOS DE HISTORIA

La constelación del Cisne, de Escorpio, de Sagitario y de Leo fueron las primeras estudiadas por los pueblos de la actual Armenia. Los armenios dibujaron estas constelaciones sobre losas de piedra 3.000 años antes de Cristo. Se trata de uno de los testimonios más antiguos de observaciones astronómicas.



OSA MAYOR, LA ETERNA GUÍA

Los marineros han navegado durante milenios siguiendo las constelaciones de la Osa Menor y la Osa Mayor. El poeta griego Arato recuerda que sus compatriotas observaban la primera, y los fenicios, la segunda. La Osa Menor se veía desde latitudes más meridionales, por lo que indicaba la ruta en el mar Rojo y en las costas de África, por donde se aventuraban los fenicios. Todavía hoy, la Osa Mayor indica el camino a las caravanas de sal que transportan en camellos la preciada sustancia a través del desierto del Téneré en Níger: la caravana parte de Agadés cuando la constelación de la Osa Mayor se perfila al amanecer sobre la línea del horizonte y, después de un viaje de 600 kilómetros, llega al otro extremo del desierto, Bilma, donde habitan los tuareg.



HÉRCULES, HÉROE ESTELAR

De las 88 constelaciones clasificadas hoy, 48 ya eran conocidas en la antigüedad. Entre ellas se encuentra la vasta constelación boreal de Hércules. Las otras fueron añadidas después de la Edad Media y, finalmente, clasificadas en nuestro siglo. El astrónomo Royer ideó, en 1679, la constelación de la Cruz del Sur, y el alemán Johannes Hevelius la de los Lebreles o Perros de Caza, 11 años más tarde.



ORIÓN, EL ODIO DE JÚPITER

La constelación de Orión, que se encuentra justamente en el centro del cielo invernal, recuerda al mítico cazador asesinado por un escorpión enviado por Júpiter. La constelación de Orión y la de Escorpio se encuentran en puntos opuestos del cielo, así que jamás será posible verlas juntas.

CORONA BOREAL, DIADEMA DIVINA

El poeta latino Ovidio escribe en su *Metamorfosis* que la constelación de la Corona Boreal representa el mito de Pasifae, la diosa abandonada por Teseo. Pasifae quedó inmortalizada en el cielo por una aglomeración de estrellas que tienen la forma de su diadema, arrojada al firmamento por el dios Baco. El escritor recuerda que las gemas de la diadema se pararon en el cielo a medio camino entre las constelaciones de Hércules y Ofiuco, precisamente donde se encuentra la Corona Boreal.



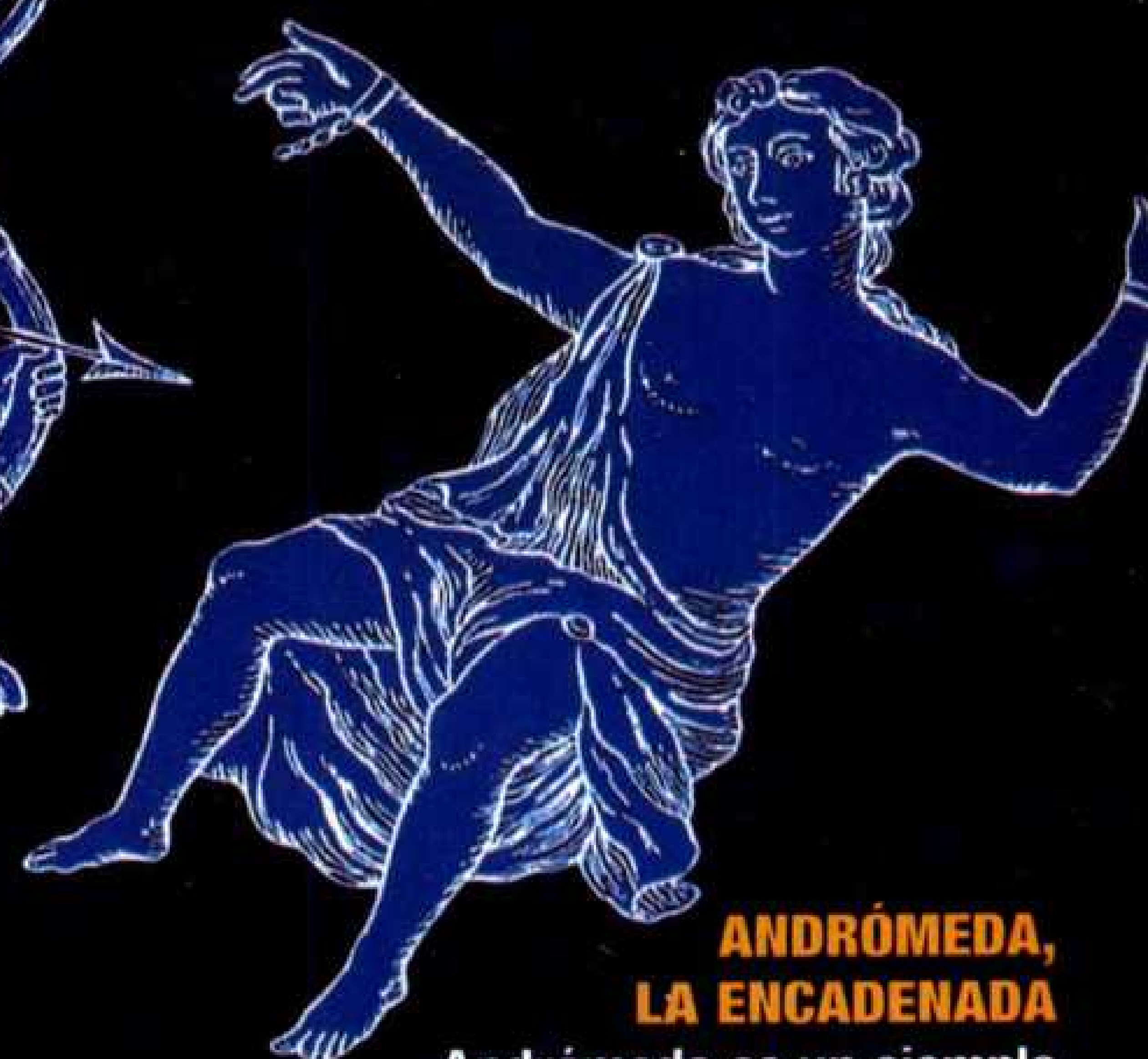
o de 11 grandes constelaciones

a Corona Boreal? En el cielo se puede leer la historia de la Humanidad





SAGITARIO, HIJO DEL TIEMPO
Sagitario recuerda el mito griego del centauro Quirón, hijo de la Ninfa Filira y de Cronos, el dios del tiempo. Según la tradición, Quirón fue el ser más sabio de todos los tiempos, y enseñó a los hombres la Astronomía, la Medicina, el arte de la música y también la inviolabilidad del juramento y el respeto a las leyes.



ANDRÓMEDA, LA ENCADENADA
Andrómeda es un ejemplo de la unión, frecuente en Astronomía, de las culturas griega y árabe. El nombre de la constelación recuerda al mito griego de la joven encadenada a una roca que fue liberada por el héroe Perseo. Los nombres de sus estrellas más brillantes son árabes: Sirrah (cabeza de mujer), Mirach (caderas de mujer) y Alamak (pies encadenados).

CAPRICORNIO, EL CAMINO DEL BIEN
Según la tradición hindú, esta constelación representa el *Deva-Yana*, la puerta de los dioses. Su aparición en las noches de invierno marca la salida del Sol y abre camino a los influjos benéficos de las divinidades.



LIRA. INSTRUMENTO DE AMOR
Según la leyenda, la lira es un instrumento musical que inventó Mercurio para regalárselo al cantor Orfeo. Con su sonido, Orfeo debía liberar a su esposa, Euridice, prisionera en los infiernos. Este suceso inspiró al poeta Rainer María Rilke los *Sonetos a Orfeo*, en los que la poesía se compara con una lira que logra unir el mundo espiritual con el material.

TAURO, PRÍNCIPE DE LAS AGUAS
Esta constelación fue identificada en el siglo IX a. C. por los babilonios, que la bautizaron como *Gud-an-na* (*El rumiante del cielo*). Originariamente, la constelación indicaba indistintamente un toro o una vaca que pastaba entre las estrellas. Por el contrario, las antiguas tribus mongoles de los yakutios veneraban esta figura considerándola como la imagen del dios del agua, representada por un toro que se baña en el río. Las poblaciones tártaras, que vivían en los montes asiáticos de Altai, lo llamaban Khan, es decir, príncipe, creyendo que tenía el poder de desencadenar lluvias y tempestades.



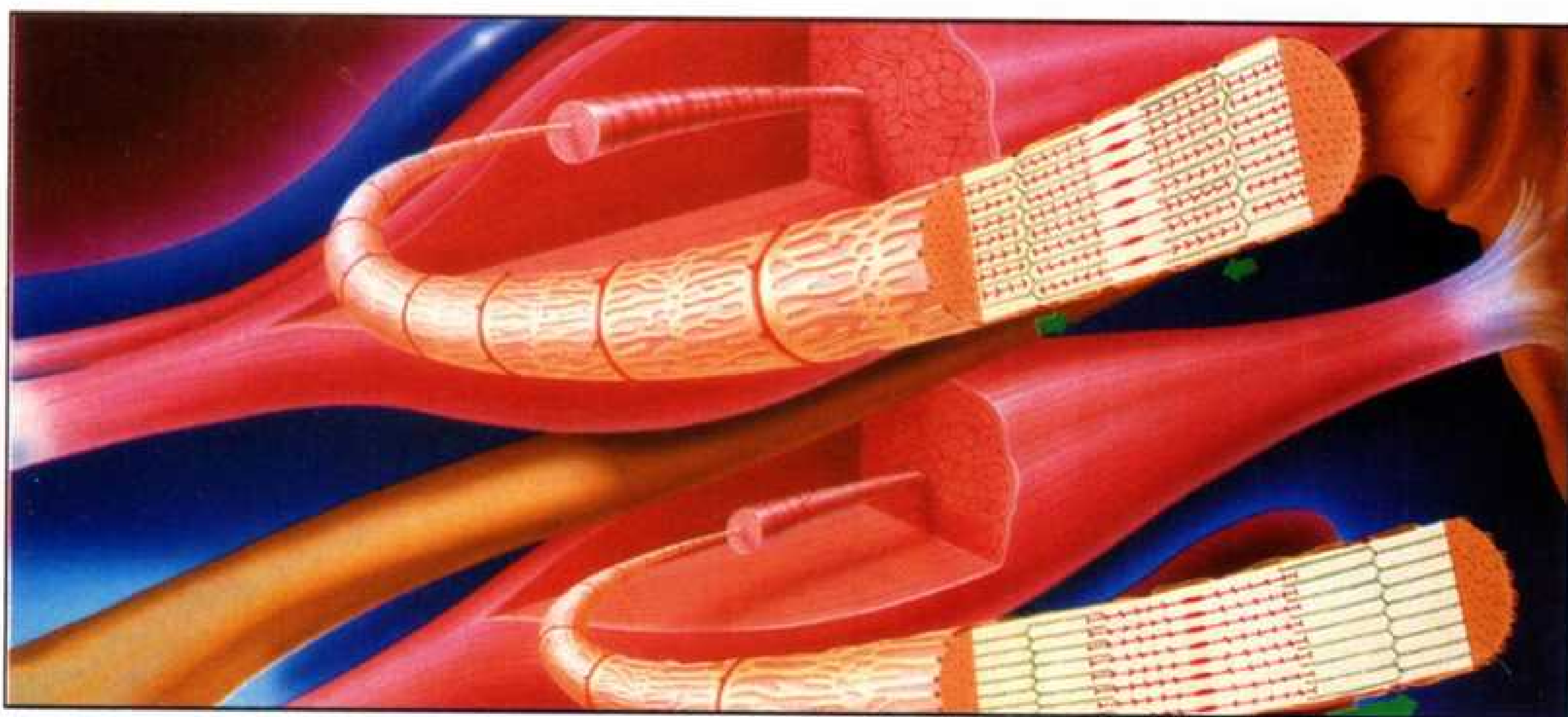


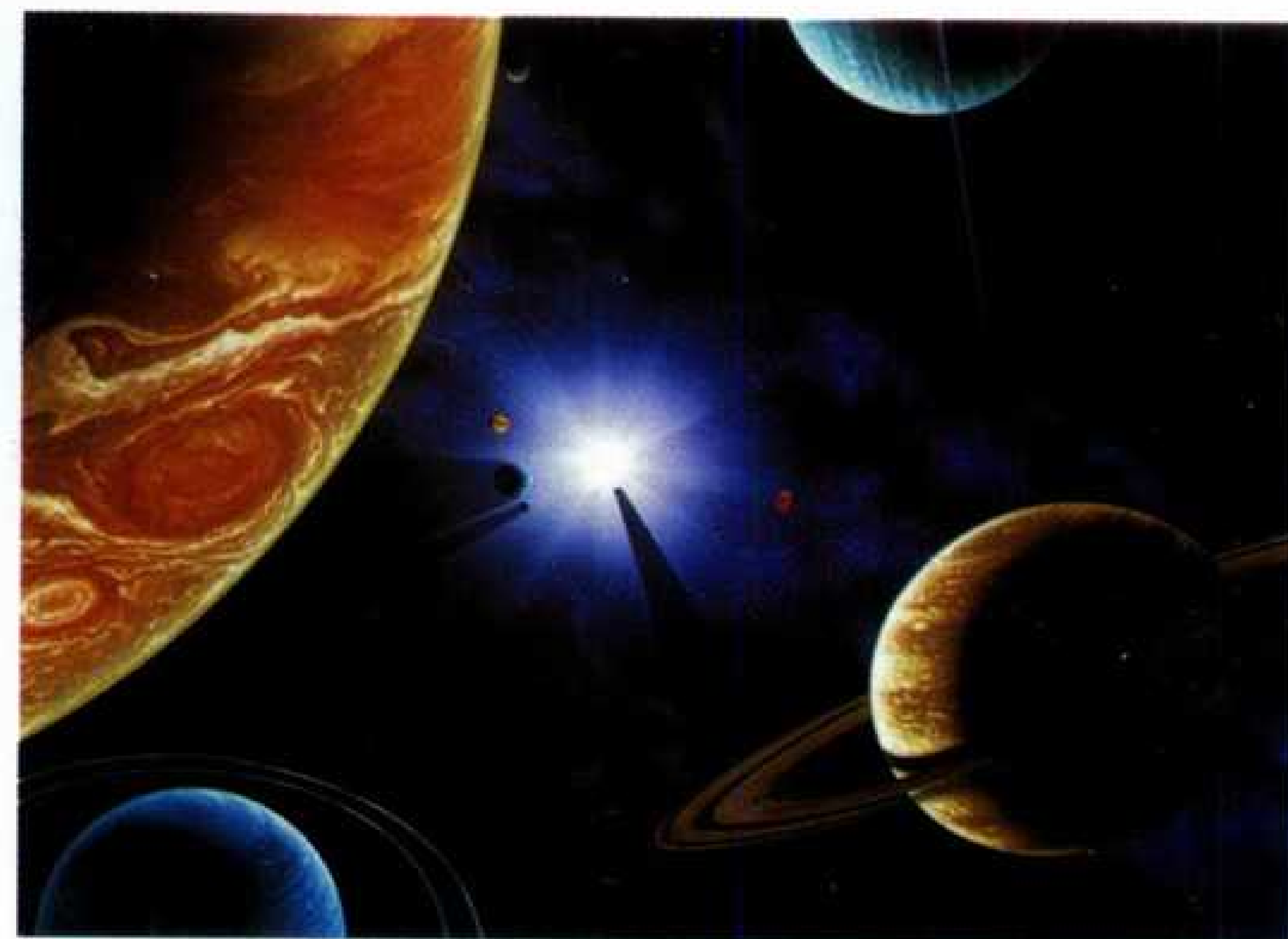
NEWTON RESPONDE A SUS CONSULTAS
Nuestros lectores pueden enviar sus preguntas a:
Revista Newton. Calle Pradillo, 42. 28002 Madrid.
Fax: 586 46 24. E-Mail: *newton@el-mundo.es*

Todo el mundo sabe que la actividad física provoca el aumento de la masa muscular, pero ¿cómo se explica este fenómeno?

Marcos Pérez (Cáceres)

Cuando la actividad física de una persona alcanza una gran intensidad, puede provocar un aumento de la masa muscular de hasta un 50 ó 60%. En gran parte, este aumento viene determinado por un mayor diámetro de las fibras musculares. Es posible que en algunos casos también se produzca un aumento del número de fibras, pero desde el punto de vista funcional éste no es un fenómeno importante. El ejercicio físico desencadena numerosas modificaciones del metabolismo de la célula muscular, como el aumento de reservas energéticas (glucógeno y triglicéridos), o de numerosas enzimas responsables de la producción de energía. El aumento del número de miofibrillas, los haces de proteínas contráctiles que se deslizan unos sobre otros produciendo la contracción del músculo, es el efecto más importante del ejercicio físico, como se explica en el reportaje de portada de este mismo número. El resultado final de este fenómeno es un aumento considerable de la fuerza desarrollada por el músculo.





¿Cómo es posible que todos los planetas sean esféricos si tienen su origen en fragmentos de la nebulosa original?

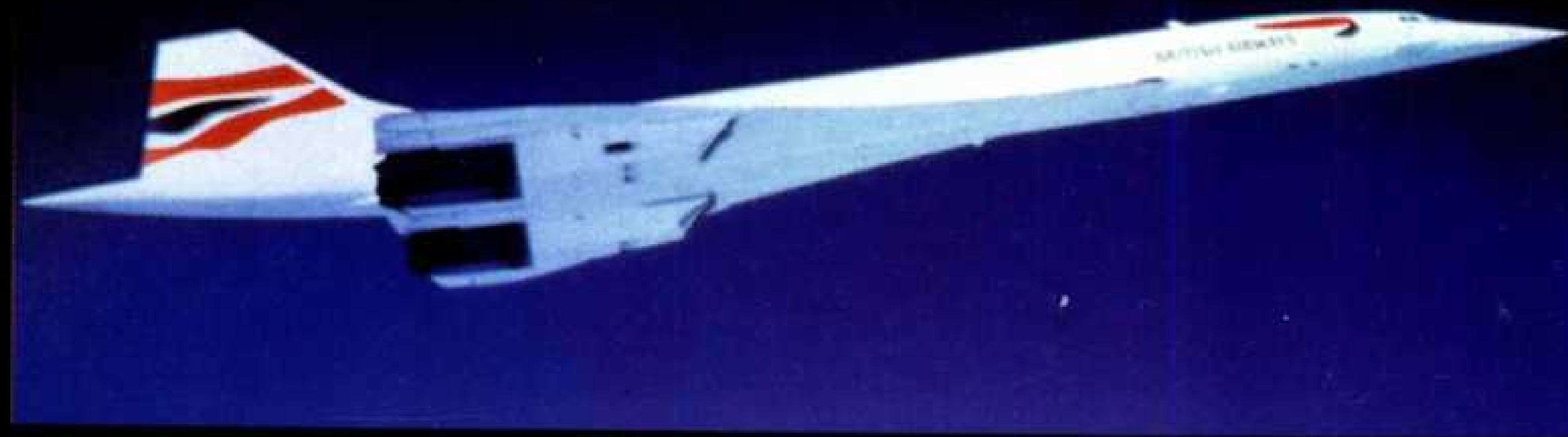
Roberto Antúnez (Galapagar, Madrid)

Como bien indica, el Sistema Solar y, por lo tanto, los planetas tienen su origen en el colapso gravitacional de una nube interestelar, conocida como nebulosa presolar. Los planetas surgieron de la suma de fragmentos de materia no colapsados, que se pusieron en órbita alrededor del Sol siguiendo las normas de la mecánica celeste. La forma casi esférica de todos ellos es una de las características físicas de todos los cuerpos celestes de una determinada masa, que giran en torno a su propio eje o en torno a un cuerpo central.

¿Qué procedimiento hay que seguir para patentar un invento?

Nuria Porta (Gerona)

En España, para obtener una patente, hay que dirigirse a la Oficina Española de Patentes y Marcas (O.E.P.M.). Es necesario que el inventor presente una solicitud en la que se incluyan una instancia, una descripción de la invención, unas reivindicaciones en las que se expongan las ventajas que aporta el invento, los dibujos que acompañan a la descripción y un resumen. Con posterioridad se deben abonar las tasas correspondientes. La concesión de la patente tiene lugar en un plazo mínimo de 18 meses y dura 20 años, siendo improrrogable. Sin embargo, para proceder a la divulgación del invento, no es necesario esperar a que se consiga la concesión, sino que basta con esperar a que se otorgue la 'fecha de presentación', que da derecho de prioridad al dueño de la patente.



¿Cuál es el avión civil más rápido del mundo y qué velocidad puede alcanzar?

Juan Luis Rivera (Madrid)

El avión más rápido sigue siendo el Concorde, construido en 1969 por la industria francesa Aerospatiale y la británica B.A.C., que entró en servicio el 21 de enero de 1976. La velocidad de crucero del Concorde, que puede transportar a 144 pasajeros, es de 2,2 *mach* a 16.000 metros de altura (2.300 km/h). La elección de ese valor viene determinada por la posibilidad de mantener en límites tolerables el fenómeno del calentamiento aerodinámico.

Pregunte a Newton

CURIOSIDADES DE NUESTROS LECTORES

¿Quién descubrió la morfina? Se trata del alcaloide principal del opio del grupo fenantreno-isoquinolínico descubierto en 1804 por el químico Friedrich Sertuener, que lo aisló del ácido mecónico.



¿Qué es el pyrex, ese cristal tan resistente utilizado en los utensilios de cocina?

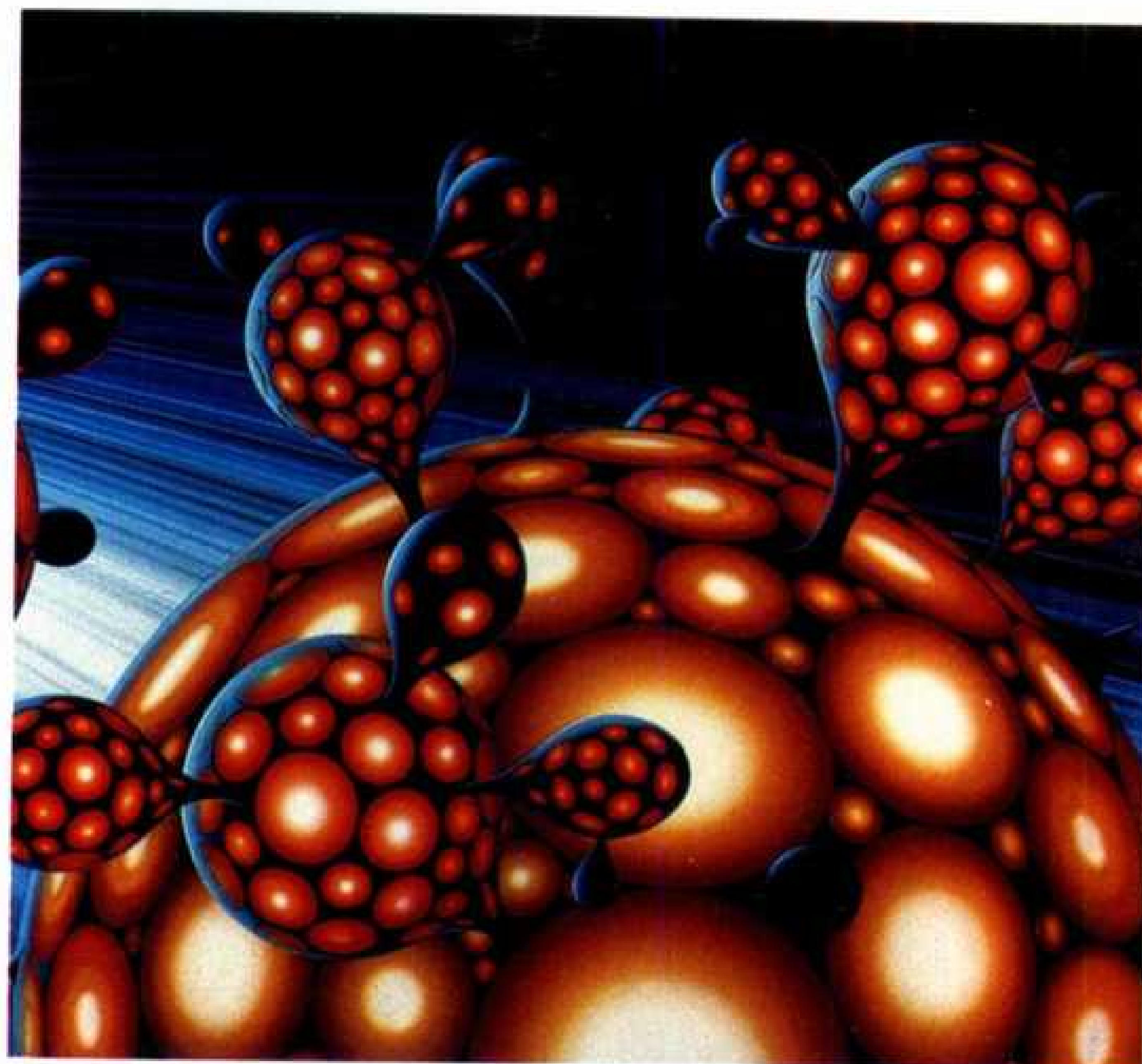
Carlos Muñoz (Gijón)

El pyrex es el nombre comercial de un vidrio especial obtenido de la fundición de silicio con ácido bórico, lo que excluye cualquier tipo de fundente alcalino o terroso. Este tipo de vidrio es transparente, resiste el calor hasta 550º C y los reactivos químicos, excepto el ácido fluorhídrico y la soda concentrada, no le afectan. Se utiliza mucho en la fabricación de instrumental de laboratorio, aislantes para alta frecuencia (radio y telefonía) y recipientes domésticos para la cocción.

¿Qué hipótesis han planteado los científicos sobre la composición de los 'agujeros de gusano'?

Lucía Herranz (Ciudad Real)

Los 'agujeros de gusano' (wormholes) son una perturbación espacio-temporal que se produce entre dos cuerpos de enorme masa, como las estrellas o los agujeros negros. La gran fuerza de gravedad de las dos masas deforma la dimensión espacio-tiempo y crea una especie de circuito cilíndrico entre ambas. En teoría, un 'agujero de gusano' haría posible que una nave espacial que se moviese en su interior a una velocidad cercana a la de la luz (300.000 km/s) pudiera evitar los efectos de la relatividad de Einstein. A esta velocidad, estos efectos se manifestarían como un aumento de la masa de la astronave; en otras palabras, para un observador a bordo de la nave la distancia recorrida disminuiría y, por consiguiente, el tiempo también se reduciría. La novela *Contact*, de Carl Sagan, en la que se basa la película del mismo nombre, parte de la teoría de los 'agujeros de gusano'.



¿Cómo se hacen los fuegos artificiales?

Ana Manrique (La Coruña)

Los fuegos artificiales consisten en una mezcla de explosivos con efecto luminoso que se obtiene uniendo sustancias que tienen la propiedad de desarrollar oxígeno (clorato, perclorato y nitrato de potasio, nitrato de estroncio y de bario) con otras combustibles (azufre y carbón). Por lo general, la carga se introduce en un cartucho de papel que se enciende mediante una mecha o una muñequilla. La combustión va siempre acompañada por un gran estruendo, producido por los cloratos, y por efectos luminosos. Los colores dependen de las sustancias: el blanco, de las pólvoras metálicas, el amarillo, de las sales de sodio, el azul, de las sales de cobre…



¿De qué forma funcionan los relojes de cuarzo?

Ricardo Ortiz (Conil, Cádiz)

Al igual que el resto de los relojes, los electrónicos necesitan un oscilador, es decir, un sistema que se balancea con una frecuencia y duración constantes, como base para marcar el tiempo. Con este fin se instala un cristal de cuarzo que, sometido a corriente eléctrica, oscila en los relojes de pulsera a una frecuencia de unos 30 kHz (30.000 oscilaciones por segundo), gracias a la piezoelectricidad. Según este efecto, algunos cristales generan electricidad al someterlos a carga mecánica (como ocurre en los encendedores). Si se les expone a corriente eléctrica, se deforman o vibran con una frecuencia constante en las oscilaciones, (como sucede con los relojes de cuarzo). Mediante circuitos electrónicos, la frecuencia de las oscilaciones se multiplica hasta un impulso por segundo, que puede dirigirse a una pantalla numérica, en el caso de los relojes digitales, o a un micromotor eléctrico que mueve las manecillas en los clásicos.

oscilador
piezo eléctrico
cristal

Pregunte a Newton

CURIOSIDADES DE NUESTROS LECTORES

¿QUÉ ES LA ACETONA? La acetona es un líquido incoloro, volátil e inflamable que se puede mezclar con agua, alcohol o éter. Se emplea sobre todo en la industria de los barnices y de las fibras artificiales.



¿Por qué no se utiliza la genética para evitar que desaparezcan especies animales que están en peligro?

Fernando Morlanés (Madrid)

Esta técnica se está utilizando en varios países a pequeña escala. Uno de los inconvenientes es el elevado precio que supone su aplicación, además de que no siempre es efectiva. En España, por ejemplo, se hicieron algunos intentos con el bucardo, especie que hoy puede considerarse extinguida, y fracasaron. Existen sistemas más baratos como la reproducción en cautividad, aunque los expertos consideran que sólo solucionaría una parte del problema, ya que la reintroducción de una especie es, a menudo, problemática.

Quisiera saber qué evidencia hay de la existencia de ovnis y, por otra parte, me gustaría que explicasen cuáles fueron las causas que provocaron la desaparición de los dinosaurios

José Amor Sánchez (Murcia)

Con respecto a la pregunta sobre la extinción de los dinosaurios, los científicos barajan tres hipótesis:

a) Sostiene que estos animales desaparecieron debido al choque de un gran meteorito, de unos 10 o 15 kilómetros de diámetro, contra la Tierra. De ser esto cierto, el impacto hubiera tenido que liberar una cantidad de energía equivalente a la que sería capaz de producir cientos de veces el arsenal nuclear actual, lo que daría lugar a un cambio brutal en el ecosistema terrestre.

b) Otra posibilidad apunta a que un fenómeno volcánico, que se produjo en India, y que duró unos dos millones de años enrareció la atmósfera del planeta con partículas incompatibles con la vida.

c) Por último, se especula con la retirada general de las aguas marinas continentales, lo que habría provocado un cambio climático: las temperaturas se habrían hecho más extremas, produciéndose un descenso generalizado de las mismas en todo el planeta.



En cuanto a si hay evidencias sobre la existencia de ovnis, si nos referimos, estrictamente, a la definición de objetos volantes no identificados, claro que existen. Ahora bien, si se identifica a estos objetos con naves extraterrestres, no ha habido aún ninguna demostración seria de su existencia.



¿Sienten dolor los peces al ser pescados?

Alejandro Sarabia (Alicante)

Los peces, como vertebrados que son, tienen un sistema nervioso muy complejo. Cuando se les hace daño, su cerebro recibe la información en forma de sensaciones y el animal rehuye la agresión. Se puede decir, por tanto, que sienten dolor, aunque éste no se puede interpretar igual que en los mamíferos.

Aclaración sobre el factor Rh y la herencia

En el número 2 de *Newton* se contestó de manera incorrecta a la siguiente pregunta formulada por Doña Asunción Carpintero: *«Si los padres son Rh positivo, ¿el hijo puede ser Rh negativo?»*. La respuesta correcta es «sí, porque el Rh de los hijos depende del genotipo del Rh de los padres. En aquellos casos en que los padres sean Rh positivo heterocigóticos, sus hijos tienen un 25% de probabilidades de tener el Rh negativo». Para saber más acerca del factor Rh y sus mecanismos de sensibilización, los interesados encontrarán amplia información en el libro *Obstetricia*, escrito por el doctor Guillermo López, director del Departamento de Obstetricia y Ginecología de la Clínica Universitaria de Navarra.